



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Estudio definitivo del camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, distrito  
de Buenos Aires – Provincia de Picota – San Martín**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**Jhonny Jean Ocampo Ramos**

**Javier Eduardo Paredes Cunia**

**ASESOR:**

**Ing. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina**

**TOMO I**

**Tarapoto – Perú**

**2018**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



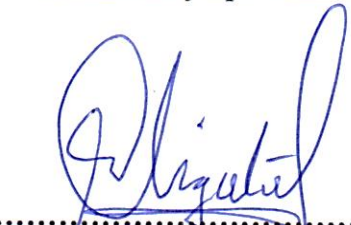
**Estudio definitivo del camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, distrito  
de Buenos Aires – Provincia de Picota – San Martín**


**AUTOR:**


**Jhonny Jean Ocampo Ramos**


**Javier Eduardo Paredes Cunia**

**Sustentada y aprobada el 28 de diciembre de 2018, ante el honorable jurado:**

  
.....  
**Ing. Gilberto Aliaga Atalaya**  
**Presidente**

  
.....  
**Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo**  
**Secretario**

  
.....  
**Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip**  
**Vocal**

  
.....  
**Ing. Maximo Alcibiádes Vilca Cotrina**  
**Asesor**

## Declaratoria de autenticidad


**Jhonny Jean Ocampo Ramos**, con DNI N° 44337547 y **Javier Eduardo Paredes Cunia**, con DNI N° 43924992, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Estudio definitivo del camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, distrito de Buenos Aires – Provincia de Picota – San Martín.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiado.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que derivan de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 28 de diciembre de 2018.

  
.....  
**Bach. Jhonny Jean Ocampo Ramos**  
DNI N° 44337547


.....  
**Bach. Javier Eduardo Paredes Cunia**  
DNI N° 43924992

## Declaración Jurada

**Jhonny Jean Ocampo Ramos**, con DNI N° 44337547, Domicilio en el Jirón Esperanza N° 352 – Distrito y Provincia de Moyobamba y **Javier Eduardo Paredes Cunia**, con DNI N° 43924992, Domiciliado en Jirón Josué Saavedra – Distrito de Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, declaramos bajo juramento que, todos los documentos, datos e información en la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 28 de diciembre de 2018.

  
.....  
**Bach. Jhonny Jean Ocampo Ramos**  
DNI N° 44337547  
.....  
**Bach. Javier Eduardo Paredes Cunia**  
DNI N° 43924992



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	Ocampo Ramos Jhonny Jean		
Código de alumno :	043058	Teléfono:	968231264
Correo electrónico :	Jhonny2728@hotmail.com	DNI:	44337547

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura.
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	ESTUDIO DEFINITIVO DEL CAMINO VECINAL NUEVO TRUJILLO - EL MIRADOR, DISTRITO DE BUENOS AIRES - PROVINCIA DE PICOTA - SAN MARTÍN.
Año de publicación:	2020

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA"

  
Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

01 / 09 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

  
Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	PAREDES CUNIA JAVIER EDUARDO		
Código de alumno :	043059	Teléfono:	951 989893
Correo electrónico :	jepcunia@gmail.com	DNI:	43924992

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	ESTUDIO DEFINITIVO DEL CAMINO VECINAL, NUEVO TRUJILLO - EL MIRADOR, DISTRITO DE BUENOS AIRES, PROVINCIA DE PICOTA, REGIÓN SAN MARTÍN
Año de publicación:	

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.**



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

01 / 09 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatória**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi madre Nicolasa.**

Por darme la vida, quererme mucho, por ser mi soporte, creer en mí y porque siempre me apoyaste, todo esto te lo debo a ti. Te amo mama.

### **A mis hermanos Adrián y Carlos.**

Por sus consejos, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

**Javier Eduardo**

### **A Mi Hija.**

Por haberme enseñado que la vida no solo son luces y estrellas, sino también sacrificio y entrega.

### **A Mi Familia.**

Por estar siempre presente, en la abundancia y en la escasez, en la alegría y en la tristeza.

**Jhonny Jean**

## **Agradecimiento**

El presente trabajo de tesis nos gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hizo realidad nuestro sueño anhelado.

A la Universidad Nacional De San Martín por darnos la oportunidad de formarnos en sus aulas y ser profesionales útiles al país.

A nuestro querido profesor Dr. Ing. Luis Alberto Paredes Rojas por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que nos ayudaron a formarnos como personas e investigadores.

De igual manera agradecer a nuestro asesor de Investigación y de Tesis de Grado, Ing. Máximo Vilca Cotrina por sus enseñanzas, consejos y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que podamos terminar este trabajo con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida, a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y corazón, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

## Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Resumen	xv
Abstract	xvi
 Introducción	 1
 CAPÍTULO I	 2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 Realidad problemática	2
1.1.1. Ubicación geográfica del proyecto	2
1.1.2. Vías de acceso	3
1.1.3. Aspectos climáticos	3
1.1.4 Situación actual de la vía	4
1.1.5 Área de influencia	4
1.1.6 Población beneficiada	4
1.2 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver	5
1.2.1 Antecedentes del problema	5
1.2.2 Planteamiento del problema	5
1.2.3 Delimitación del problema	6
1.2.4 Formulación del problema a resolver	6
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Justificación de la investigación	7
1.5 Delimitación de la investigación	7
1.6 Marco teórico	8
1.6.1 Antecedentes de la investigación	8
1.6.2 Fundamentación teórica de la investigación	9
1.6.2.1. Clasificación de carreteras	9
1.6.2.2. Criterios y controles básicos para el diseño geométrico	9



1.6.2.3. Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal	17
1.6.2.4. Suelos, tráfico vial y afirmados	36
1.6.3 Marco conceptual: terminología básica	53
1.6.4 Marco histórico	54
1.7. Hipótesis	55
 CAPÍTULO II	 56
MATERIAL Y MÉTODOS	56
2.1 Material	56
2.1.1 Recursos humanos	56
2.1.2 Recursos materiales y servicios	56
2.1.3 Recursos de equipos	56
2.2 Metodología de la investigación	56
2.2.1 Universo y/o muestra	56
2.2.2 Sistema de variables	57
2.2.3 Tipos y nivel de la investigación	57
2.2.3.1 Diseño del método de la investigación	57
2.2.3.2 Diseño de instrumentos	58
2.2.3.3 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos	58
2.2.4 Procesamiento de la información	58
2.2.5 Análisis e interpretación de datos y resultados	58
2.2.6 Información del proyecto: diseño obtenido	59
2.2.6.1 Detalles de ejecución de las secciones transversales	59
2.2.6.2 Trazo del perfil longitudinal	59
2.2.7 Criterio general de aplicación	59
2.2.8 Excepciones consentidas	60
2.2.9 Alineamiento horizontal	60
2.2.10 Curvas horizontales	60
2.2.10.1 Radios mínimos normales	60
2.2.10.2 Homogeneidad del trazo	61
2.2.10.3 Desarrollo de curvas	61
2.2.10.4 Peraltes y sobre anchos	61
2.2.11 Secciones transversales	61
2.2.11.1 Calzada	61

2.2.11.2 Taludes	61
2.2.11.3 Detalles de ejecución de las secciones transversales	62
2.2.12 Trazado de perfil longitudinal	64
2.2.12.1 Perfil longitudinal propuesto	64
2.2.12.2 Pendientes	64
2.2.13 Exploración de canteras	64
2.2.14 Metodología de trabajo a realizar	65
2.2.14.1 Durante la fase de campo	65
2.2.14.2 En la fase de gabinete	65
2.2.15 Estudio de mecánica de suelos	65
2.2.15.1 Ubicación de calicatas realizadas	66
2.2.15.2 Ensayos de laboratorio efectuados	66
2.2.16. Diseño del pavimento	67
2.2.16.1 Metodología de diseño de pavimentos utilizados	67
2.2.17 Estudio hidráulico	67
2.2.4.1 Drenaje de aguas superficiales	67
1.2.17.1.1 generalidades	67
2.2.17.1.2 Obras de drenaje	68
2.2.17.1.3 Diseño hidráulico de alcantarillas circulares	68
2.2.17.1.4 Diseño hidráulico de obras de arte	70
<b>CAPÍTULO III</b>	71
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	71
3.1 Características generales	71
3.1.1 Características técnicas del camino vecinal mejorado	71
3.2 Trabajos de campo	71
2.2.1 Exploraciones de campo	72
3.2.2 Inspección In Situ	72
3.2.3 Obtención de muestras (calicatas)	72
3.2.4 Trabajos de laboratorio	73
3.2.4.1 Ensayos estándar	73
3.2.4.2 Ensayos especiales	74
3.2.5 Superficie de rodadura	74
3.2.5.1 Sub rasante	74

3.3	Diseño de pavimento a nivel de afirmado	76
3.3.1	Generalidades	76
3.3.2	Manipuleo y colocación del material de afirmado	77
3.3.3	Fuente de materiales – canteras	78
3.4	Estudio del tráfico	79
3.4.1	Proyección del tráfico normal	79
3.4.2	Análisis de tráfico	81
3.5	Diseño de pavimento	82
3.5.1	Método NAASRA	82
3.5.2	Determinación del CBR de diseño	83
3.5.3	Determinación del espesor del pavimento	83
3.6	Diseño de alcantarillas	84
3.7	Estudio Socio - Económico	86
3.8	Estudio de impacto ambiental	87
3.9	Contrastación de hipótesis	87
CONCLUSIONES		88
RECOMENDACIONES		89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		90
ANEXOS		91

## Índice de tablas

Tabla 1: Población actual total proyectada	4
Tabla 2: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)	12
Tabla 3: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía	14
Tabla 4: Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño	15
Tabla 5: Distancia de visibilidad de parada	16
Tabla 6: Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos	17
Tabla 7: Longitudes de tramos en tangente	19
Tabla 8: Longitudes mínimas de curva de transición	21
Tabla 9: Longitud mínima de transición de bombeo	24
Tabla 10: Pendientes máximas	26
Tabla 11: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase	28
Tabla 12: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase	28
Tabla 13: Anchos mínimos de calzada en tangente	29
Tabla 14: Anchos de bermas	30
Tabla 15: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase	31
Tabla 16: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte	31
Tabla 17: Valores de peralte máximo	32
Tabla 18: Peralte mínimo	32
Tabla 19: Anchos mínimos de Derecho de Vía	32
Tabla 20: Valores referenciales para taludes en corte (relación H: V)	34
Tabla 21: Taludes referenciales en zonas de relleno	35



Tabla 22: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación – AASHTO	36
Tabla 23: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación –SUCS	36
Tabla 24: Clasificación de suelos según tamaño de partículas	37
Tabla 25: Clasificación de suelos según índice de plasticidad	38
Tabla 26: Clasificación de suelos según equivalente de arena	38
Tabla 27: Clasificación de suelos según índice de grupo	39
Tabla 28: Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS	40
Tabla 29: Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282	41
Tabla 30: Categoría de Sub rasante	42
Tabla 31: Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar la Tránsito en el Carril de Diseño	44
Tabla 32: Factores de Crecimiento Acumulado (Fca) Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE	45
Tabla 33: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Caminos No Pavimentados	48
Tabla 34: Resumen	50
Tabla 35: Gradación del Material de Afirmado – AASHTO M 147	52
Tabla 36: Gradación del Material de Afirmado – FHWA	53
Tabla 37: Número de calicatas	73
Tabla 38: Proyección del tráfico generado (vehículo/día)	80
Tabla 39: Demanda proyectada	80

## Índice de figuras

Figura 1: Simbología de la curva circular	19
Figura 2: Sección típica de túnel	33
Figura 3: Sección transversal típica en tangente	34
Figura 4: Tratamiento de taludes tipo	35
Figura 5: Configuración de Ejes	46
Figura 6: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos	46
Figura 7: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Pavimentos Rígidos	47
Figura 8: Espesor de capa de revestimiento granular	51

## Resumen

En la Región San Martín, específicamente en la provincia de Picota, como en todas las provincias de las regiones de nuestro territorio peruano, uno de los grandes problemas que atraviesa el desarrollo integral, es entre otros, principalmente la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación, es por eso que a través de esta investigación se busca cuantificar la solución al problema de transitabilidad que tiene el camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador.

El presente estudio toma en consideración el Manual de Diseño de Carreteras, así como la bibliografía inherente al tema; la cual nos proporcionó los criterios sólidos y coherentes para el diseño de la carretera.

En ese sentido el presente proyecto de Tesis denominado “Estudio Definitivo del Camino Vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador”, con los resultados obtenidos, pretende dar una alternativa de solución para el eficiente nivel de transitabilidad y esto permita mejorar las condiciones socioeconómicas de la población de las localidades que se encuentran en el área de influencia del estudio.

**Palabras clave:** Índice medio diario anual, diseño geométrico, afirmado, drenaje.

## Abstract

In the San Martín Region, specifically in the province of Picota, as in all the provinces of the regions of our Peruvian territory, one of the great problems that go through the integral development, is among others, mainly the lack and the impassability of the roads of communication, is that through this research seeks to quantify the solution to the traffic problem that has the neighborhood road Nuevo Trujillo - El Mirador.

The present study takes into consideration the Highway Design Manual, as well as the bibliography inherent in the subject; The quality of the road.

In this sense, the present thesis project called "Definitive Study of the New Trujillo Neighborhood Road - El Mirador", with the current results, the results, the results, the results, the socioeconomic relations of the population of the localities that are in the area of influence of the study.

**Keywords:** Annual average daily index, geometric design, affirmed, drainage.





## Introducción

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto como una contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse.

El aporte consiste tomar contacto con una realidad concreta en el sector rural de la provincia de Picota, donde se aprecia el mal estado de las carreteras vecinales, siendo así que nace la idea de elaborar el **Estudio definitivo del camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, distrito de Buenos Aires – Provincia de Picota – San Martín**, de esta manera apoyar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen distritos, centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existen estas, en su mayor parte son caminos vecinales que se encuentran en malas condiciones y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica, y por tanto, el departamento de San Martín no está ajeno a esta realidad, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde a la dinámica de desarrollo a fin de no quedarnos marginados, social, cultural y económicamente, y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y las carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercaderías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

Entendiendo así la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, se ha elaborado el presente trabajo de tesis.

# **CAPÍTULO I**

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1. Realidad problemática**

El presente aporte consiste tomar contacto con una realidad concreta en el sector rural de la provincia de Picota, donde se aprecia el mal estado de las carreteras vecinales, siendo así que nace la idea de elaborar el “Estudio definitivo del camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, distrito de Buenos Aires – Provincia de Picota – San Martín”, la cual consta de una longitud total de 17,646.00 metros lineales, comprendidos entre las localidades de Nuevo Trujillo y El Mirador; y de esta manera apoyar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

#### **1.1.1. Ubicación Geografía de la zona de estudio**

El tramo en materia del presente estudio tiene una longitud total de 17.646 Km. Y se desarrolla en la provincia de Picota, en el Distrito de Buenos Aires, empezando en el Caserío de Nuevo Trujillo, terminando en el Caserío El Mirador.

#### **Aspecto Político**

Localidades:	Nuevo Trujillo y El Mirador
Distrito:	Buenos Aires
Provincia:	Picota
Región:	San Martín

#### **Aspecto Cartográfico**

Punto Inicial	:	Nuevo Trujillo
Altitud	:	362.97 msnm
Coordenadas UTM Norte	:	9256890.62
Coordenadas UTM Este	:	345542.94
Punto Final	:	El Mirador
Altitud	:	1082.60msnm
Coordenadas UTM Norte	:	9255461.70
Coordenadas UTM Este	:	332108.39

La zona de trabajo cuenta con una vía terrestre principal que es la Carretera Fernando Belaunde Terry, esta vía une a la provincia de Picota por el Norte con las ciudades de Tarapoto, Moyobamba, Rioja, Bagua, Chiclayo (Carretera Panamericana Sur y Norte); y por el sur con las ciudades de Bellavista, Juanjuí, Tocache, Tingo María, Huánuco, etc. Cabe resaltar que esta vía desde Chiclayo hasta la ciudad de Picota se encuentra asfaltada, con algunos tramos que se encuentran a nivel de afirmado mayormente en tramos críticos por el condicionamiento geológico.

### 1.1.2 Vías de acceso

Se realiza en la intersección con la carretera asfaltada Fernando Belaúnde Terry, vía principal de comunicación nacional, tramo de carretera que conduce a Picota desde la ciudad de Tarapoto, desplazándonos 78.00 km de la vía en dirección sur hasta llegar al distrito de Buenos Aires (Plaza de Armas), de ahí avanzando hacia el Oeste aproximadamente a 17.470 km de distancia, hasta ubicarnos en el punto de inicio de la vía en estudio (**km. 00+000**) ubicada en la salida del Caserío Nuevo Trujillo con dirección al Caserío El Mirador, que es el punto final del tramo en estudio (**Km. 17+646**).

### 1.1.3 Aspectos climáticos

**Temperatura:** En el entorno de las localidades el clima varía de acuerdo a las estaciones del año, siendo las máximas de 24.4°C y las mínimas 22.2 °C, siendo la temperatura promedio de 23.27°C, información registrada de acuerdo a los datos obtenidos en la Estación meteorológica.

**Precipitación:** Se produce en todos los meses del año, llegando a un total de 1252 y 1438.5 mm al año y con una pronunciada reducción desde Mayo hasta Agosto y máximos entre Octubre y Marzo.

**Humedad relativa:** La humedad relativa promedio anual en el Huallaga es de 83 %.

**Nubosidad:** La nubosidad en la zona presenta un promedio anual de 5.46 octavas.

**Evaporación:** La evaporación presenta promedios anuales de 71.5 mm máximo y 20.9 mínimo.

**Altitud:** El área del proyecto se encuentra a una altitud promedio de 876.00 msnm.

#### 1.1.4 Situación actual de la vía

En la actualidad el Camino Vecinal que une la Localidad de Nuevo Trujillo con la localidad de El Mirador, es solo transitable en épocas de verano, debido a las características plásticas de la sub rasante, así como carecer de un drenaje pluvial adecuado, hace difícil el tránsito en esta vía, sobre todo en temporada de alta pluviosidad.

A lo largo de su recorrido, la vía no cuenta con ningún sistema de drenaje por lo que es de suma importancia la construcción de alcantarillas, cunetas y badenes para drenar las aguas superficiales.

La presente vía se ubica en el Distrito de Buenos Aires, Provincia de Picota, en la Región San Martín, a una Altitud de 876 m.s.n.m., en una Latitud Sur de 06° 02' 00" y Longitud Oeste de 76° 58' 19".

#### 1.1.5 Área de influencia

Con la realización de este proyecto de tesis y posterior ejecución, se verán influenciados en su desarrollo, socioeconómico y cultural, del Distrito de Buenos Aires y de los Caseríos Nuevo Trujillo y El Mirador.

#### 1.1.6 Población beneficiada

La población beneficiaria del Proyecto se encuentra ubicada en la zona rural del Caserío Nuevo Trujillo. La estadística poblacional indica que la localidad presenta una población total de 1,512 habitantes al año 2018, con una tasa de crecimiento anual de 4% y está constituida en su mayoría por personas migrantes, que han logrado una mezcla de costumbres, originando en esta zona costumbres de antaño alternando con costumbres de los inmigrantes.

**Tabla 1**

***Población actual total proyectada***

Descripción	N° de Personas
Población al 2007 (Háb) → (Pi)	1080
Tasa de Crecimiento Anual (*) → (Tc)	4.00%
Periodo de Cálculo (Año) → (n)	10
Población Proyectada al 2017 (Háb)	1512
$Pf = Pi \times (Tc + 1)^n$	

Fuente: INEI /Elaboración Propia

(\*) Según el último Censo del 2007 a nivel de todo el departamento de San Martín

Por lo tanto la población directa beneficiada, al año de ejecución del Estudio Definitivo es de 1,512 habitantes.

## **1.2. Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema a resolver**

### **1.2.1. Antecedentes del problema**

Las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos.

En la Región San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, principalmente la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación, lo que impide el desarrollo de los pueblos.

El Camino Vecinal que conlleva a presentar este Proyecto de tesis, fue aperturado como trocha carrozable hace 18 años atrás, por parte de la Municipalidad Distrital de Picota en una longitud de 17.646 Km, para el beneficio económico de los pobladores del Caserío Nuevo Trujillo y el Caserío el Mirador.

Los poblados de Nuevo Trujillo y el Mirador por años han tratado de lograr su desarrollo Socio – Económico, y uno de los problemas que afrontan los pobladores de las mencionadas localidades, es la intransitabilidad de la carretera de acceso que les permita comercializar sus productos agrícolas con los principales mercados de abastos de una forma rápida.

### **1.2.2. Planteamiento del problema**

El tramo de carretera existente entre Nuevo Trujillo y el Caserío el Mirador en el Distrito de Buenos Aires presenta en la actualidad problemas de deslizamiento en las zonas que existe deforestación sobre la plataforma de rodadura, esto debido a la estratigrafía del suelo, la cual tiene fallas geológicas debido a que la napa freática humedece constantemente el terreno de fundación lo cual permite la socavación del suelo, razón por la cual siempre tiende a deslizarse, además por el mal estado que se encuentra dicha vía solamente es transitable en época de verano, no permitiendo sacar sus productos a los mercados regionales y nacionales.



### **1.2.3. Delimitación del problema**

El Camino Vecinal Nuevo Trujillo con el Caserío el Mirador es un importante camino vecinal permitirá facilitar el tránsito vehicular de la zona, propiciando el desarrollo de los pueblos involucrados, a través de la cual, los pequeños y medianos agricultores, madereros o ganaderos podrán trasladar sus productos hacia los mercados de comercialización en cualquier época del año con la mayor facilidad del caso.

### **1.2.4. Formulación del problema a resolver**

Los pobladores del Caserío Nuevo Trujillo y el Caserío El Mirador tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

De manera que es necesario responder la siguiente interrogante: **¿En qué medida el Estudio Definitivo del Camino Vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, mejorará las condiciones socioeconómicas de la población de estas localidades y anexos?**

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar el Estudio Definitivo para mejorar el nivel de transitabilidad del Camino Vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, que permita el desarrollo socio – económico y cultural de las comunidades que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Elaborar el estudio Socio – Económico y cultural de las Comunidades que se encuentran en el Área de influencia del Proyecto.

Elaborar los estudios de ingeniería.

Efectuar los estudios de impacto ambiental.

Determinar el costo total del proyecto.

#### 1.4. Justificación de la investigación

La presente Investigación se encuentra justificada por lo siguiente:

Bien sabemos que el transporte es una de las principales actividades que integra a los pueblos y logra el desarrollo Socio – Económico cumpliendo principalmente los siguientes roles:

**Apoyo al Proceso Productivo.-** Integrando los centros de producción con las principales mercado de abastos, posibilitando la comercialización interna y externa.

**Servicios a la Población.-** Facilitando a las personas su acceso a los servicios sociales culturales y Centros de Comercialización.

**Integración Interna.-** Interconectando los diferentes espacios socio – económicos en base al establecimiento de la infraestructura vial de manera de incorporar zonas de fronteras económicas insuficientemente desarrolladas a la economía nacional.

En la jurisdicción del Caserío de Nuevo Trujillo – El Mirador, existen recursos naturales y culturales que posibilitan el desarrollo de actividades de eco-turismo, en un paisaje de belleza natural, con bosques primarios que albergan una gran biodiversidad de flora y fauna.

#### 1.5. Delimitación de la investigación

La investigación se limita a efectuar el estudio definitivo del Camino vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador, lo que demanda encontrar todos los argumentos justificatorios tanto sociales, económicos y técnicos, que permiten tener un proyecto sustentable para la búsqueda de su financiamiento y ejecución.

Son parte complementaria en el estudio el respeto al derecho de vía del camino ya que existen sembríos a lo largo del trazo y esto dificulta al normal desarrollo del proyecto. Se agrega a ello, que no se cuenta con fotografías aéreas que muestren la configuración del terreno donde está ubicada el camino vecinal en estudio, haciéndolo más laborioso, así como que las precipitaciones son muy constantes y ello ocasiona que los trabajos de campo se atrasen. Muchas variables fueron tomadas en cuenta para el desarrollo de este trabajo.

## **1.6. Marco teórico**

### **1.6.1. Antecedentes de la investigación**

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, ha elaborado el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014”, documento básico que proporciona la normativa a considerar para la elaboración del presente trabajo de tesis.

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, ha elaborado el “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos - 2014”, documento básico que proporciona la normativa a considerar para la elaboración del presente trabajo de tesis.

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, también ha elaborado las “MANUAL DE CARRETERAS – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013”, documento que proporciona información referente al detalle de las especificaciones técnicas consideradas que se usan en el presente trabajo.

**Valles, Raul**, en su Texto de “Carreteras, Calles y Aeropistas”, nos presenta información sobre los principios generales de mecánica de suelos aplicados a la pavimentación así como métodos de cálculo de pavimentos flexibles.

**Ríos, Caleb**, en el año 2000, presentó un trabajo denominado: “Diseño Geométrico y Asfaltado de La Avenida Circunvalación – Tarapoto”, por el cual define el diseño de una vía, pero no elabora el Costo del Presupuesto.

**Cosavalente, Nery Mirza**, en el año 2005, presentó un trabajo denominado “Asfaltado Jr. Alfonso Ugarte Tarapoto: Presupuesto y Programación, Tramo I: Km 0+000 – Km 1+122.683”.

**Ponce, Juan Miguel**, en el año 2010, presentó un trabajo denominado “Estudio definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada – Sector Potrerillo Tramo: Km 0+000 – Km 2+920”.

**Bardales, Jorge Luis**, en su tesis: “Estudio Definitivo para el ESTUDIO DEFINITIVO del – camino vecinal Tioyacu – la victoria tramo: km 0 + 000 – km 4 + 520, nos indica los criterios para el diseño de pavimentos en una infraestructura”.

## **1.6.2. Fundamentación teórica de la investigación**

### **1.6.2.1. Clasificación de carreteras**

#### **1.6.2.1.1. Por demanda**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual de Carreteras: DG – 2014, establece que las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

Autopistas de Primera Clase.- Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6,000 veh/día.

Autopista de Segunda Clase.- Son carreteras con IMDA entre 6,000 y 4,001 veh/día.

Carreteras de Primera Clase.- Son carreteras con un IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día.

Carreteras de Segunda Clase.- Son carreteras con un IMDA entre 2,000 y 400 veh/día.

Carreteras de Tercer Clase.- Son carreteras con un IMDA menores a 400 veh/día.

Trochas Carrozables.- por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día.

#### **1.6.2.1.2. Por orografía**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual de Carreteras: DG – 2014, establece que las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazo, se clasifican en:

Terreno plano (tipo 1).- Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%).

Terreno ondulado (tipo 2).- Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6%.

Terreno accidentado (tipo 3).- Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 6% y 8%.

Terreno escarpado (tipo 4).- Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores 100% y sus pendientes longitudinales se excepcionales son superiores al 8%.

### **1.6.2.2. Criterios y controles básicos para el diseño geométrico**

#### **1.6.2.2.1. Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico**

Orientada a la definición de los criterios, factores y elementos que deben ser adoptados para la definición del diseño geométrico de las carreteras, ya sean estas nuevas, a rehabilitar o a

mejorar su trazo (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 16).

#### **1.8.2.2.1.1 Ingeniería básica**

Según el Manual del MTC, corresponde a las consideraciones ingenieriles siguientes:

Geodesia y topografía.

Hidrología, hidráulica y drenaje.

Geología y geotecnia. (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, pp. 18-22).

#### **1.6.2.2.1.2. Aspectos ambientales**

Según el Manual del MTC, menciona que en el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra, la integración armónica del proyecto con el entorno se entiende como un estado de equilibrio en dónde los posibles impactos negativos se evitan o mitigan, controlando de esta manera el deterioro del medio ambiente.

#### **1.6.2.2.1.3. Estudio de seguridad vial**

Según el Manual del MTC, menciona que en lo relacionado a seguridad vial se aplicará en lo que corresponda, lo indicado en el Manual de Seguridad Vial vigente, en que se establece los parámetros para el diseño, construcción y mantenimiento.

#### **1.6.2.2.1.4. Reconocimiento del terreno**

Según el Manual del MTC, consiste en la recopilación, e interpretación de información obtenida de las cartas geográficas, reconocimiento aéreo y recorrido terrestre con los instrumentos (GPS, altímetro, brújula, eclímetro, etc.) adecuados que le permitan precisar los puntos críticos que presentara el trazo de la carretera, y con esto a su vez determinar la opción más adecuada para la salvedad de estos (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, pp. 24-26).

#### **1.6.2.2.1.5. Derecho de vía o faja de dominio**

Según el Manual del MTC, se encuentra determinada por la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas para futuras obras de ensanche o **Estudio Definitivo** y

zona de seguridad (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 26).

#### **1.6.2.2.2. Vehículos de diseño**

El diseño de carreteras se formulara en función de los tipos de vehículos. Dentro de la clasificación de vehículos, el Reglamento Nacional de vehículos los clasifica en vehículos ligeros: categoría L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y categoría M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor), y vehículos pesados: categoría M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), categorías N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), categoría O (remolques y semirremolques) y la categoría S (combinaciones especiales de los M, N y O). En la tabla 2 se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, pp. 27-30).

El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

Por otro lado: “El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

**Tabla 2**

*Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)*

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Alto total</b>	<b>Ancho total</b>	<b>Vuelo lateral</b>	<b>Ancho ejes</b>	<b>Largo total</b>	<b>Vuelo delantero</b>	<b>Separación ejes</b>	<b>Vuelo trasero</b>	<b>Radio mín. rueda exterior</b>
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.55	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70/1.90/4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00/12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30/0.80/ 2.15/7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40/6.80/1.40 /6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45/5.70/1.40 /2.15/5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40/11.90	2.00	1



### **1.6.2.2.3. Características del tránsito**

El diseño de carreteras debe tener en cuenta los volúmenes de tránsito, las cuales determinaran la necesidad de su intervención y las condiciones para circular por ellas (número de carriles, anchos, alineamientos, etc.) se formulara en función de los tipos de vehículos que circulan por ella. (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 95).

#### **1.6.2.2.3.1. Índice medio diario anual (imda)**

Según el Manual del MTC, se define como el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 95).

#### **1.6.2.2.3.2. Crecimiento del tránsito**

El diseño geométrico de una carretera no solo debe considerar el volumen de tránsito actual en el tramo en estudio, si no también debe tener en cuenta los volúmenes de tránsito para el periodo de diseño propuesto, considerándose un periodo de diseño igual a veinte años (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, pp. 98-99).

A continuación se expresa la fórmula para el estudio de la demanda de tráfico:

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Donde:

$P_f$ : tránsito final.

$P_0$ : Tránsito inicial (año base).

$T_c$ : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

$N$ : año a estimarse.

#### **1.6.2.2.3.3. Velocidad de diseño**

Es aquella velocidad que permitirá el desplazamiento con seguridad y comodidad a través de un determinado tramo, sin sufrir variaciones considerables que afecten la seguridad de

los usuarios y la que determinara las características de los elementos geométricos en el tramo. En la Tabla 3 se muestra los rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, pp. 100-101).

**Tabla 3**

*Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.*

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
<b>Autopista de Primera Clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Autopista de Segunda Clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de Primera Clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de Segunda Clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de Tercera Clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

#### 1.6.2.2.3.4. Velocidad de marcha

Según el Manual del MTC se denominada también velocidad de cruce, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores y varía durante el día, principalmente, por la modificación de los volúmenes de tránsito.

Al no tener un estudio de campo, se deben tener en cuenta los valores contemplados en la Tabla 4 (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 105.).

**Tabla 4**

*Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño.*

Velocidad de Diseño	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0
Velocidad media de marcha	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72.0	81.0	90.0	99.0	108.0	117.0
Velocidad media de marcha	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 47.5	51.0 @ 57.0	59.5 @ 66.5	68.0 @ 76.0	76.5 @ 85.5	85.0 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

#### **1.6.2.2.4. Velocidad de operación**

Según el Manual del MTC, es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

#### **1.6.2.2.5. Distancia de visibilidad**

Según el Manual del MTC, corresponde a una determinada longitud de la vía, la cual se considera visible para el conductor y le permita realizar con seguridad maniobras durante su marcha. Los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

Visibilidad de parada.

Visibilidad de paso o adelantamiento.

Visibilidad de cruce con otra vía.

##### **1.6.2.2.5.1. Distancia de velocidad de parada**

Según el Manual del MTC, es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$D_p = \frac{v_{tp}}{3.6} + \frac{v^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

$D_p$  = Distancia de parada (m).

$V$  = Velocidad de diseño.

$t_p$  = Tiempo de percepción + reacción (s).

$f$  = Coeficiente de fricción, pavimento húmedo.

$i$  = Pendiente longitudinal (tanto por uno).

$+i$  = Subidas respecto al sentido de circulación.

$-i$  = Bajadas respecto al sentido de circulación.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será a la distancia de visibilidad de parada. La Tabla 5 muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y de la pendiente.

**Tabla 5**

*Distancia de visibilidad de parada (metros).*

Velocidad de Diseño (km/h)	Pendiente nula o baja				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
<b>20</b>	20	20	20	20	19	18	18
<b>30</b>	35	35	35	35	31	30	29
<b>40</b>	50	50	50	53	45	44	43
<b>50</b>	65	66	70	74	61	59	58
<b>60</b>	85	87	92	97	80	77	75
<b>70</b>	105	110	116	124	100	97	93
<b>80</b>	130	136	144	154	123	118	114
<b>90</b>	160	164	174	187	148	141	136
<b>100</b>	185	194	207	223	174	167	160
<b>110</b>	220	227	243	262	203	194	186
<b>120</b>	250	283	293	304	234	223	214
<b>130</b>	287	310	338	375	267	252	238

#### **1.6.2.2.5.2. Distancia de velocidad de paso o adelantamiento**

Según el Manual del MTC, es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

En la Tabla 6 se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento.

**Tabla 6**

*Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.*

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO DA (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
<b>20</b>	-	-	130	130
<b>30</b>	29	44	200	200
<b>40</b>	36	51	266	270
<b>50</b>	44	59	341	345
<b>60</b>	51	66	407	410
<b>70</b>	59	74	482	485
<b>80</b>	65	80	538	540
<b>90</b>	73	88	613	615
<b>100</b>	79	94	670	670
<b>110</b>	85	100	727	730
<b>120</b>	90	105	774	775
<b>130</b>	94	109	812	815

### 1.6.2.3. Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 133).

#### 1.6.2.3.1. Diseño geométrico en planta

Constituido por alineamientos rectos y circulares, las mismas que deben ser diseñados permitiendo una operación vehicular uniforme y constante. (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 134).

En las carreteras de una sola vía, el centro de la superficie de rodadura es considerado con el eje del trazo en planta. (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 134).

#### **1.6.2.3.1.1. Consideraciones de diseño**

Según el Manual del MTC se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores del siguiente cuadro:

<b>Velocidad de diseño km/h</b>	<b>Deflexión máxima aceptable sin curva circular</b>
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´
70	1° 20´
80	1° 10´

En estas carreteras de tercera clase y para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro anterior, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente fórmula  $L = 3V$  ( $L$  = longitud de curva en metros y  $V$  = velocidad en km/h). Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

#### **1.6.2.3.1.2. Tramos en tangente**

Según el Manual del MTC, las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la Tabla 7.

**Tabla 7***Longitudes de tramos en tangente.*

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
<b>30</b>	42	84	500
<b>40</b>	56	111	668
<b>50</b>	69	139	835
<b>60</b>	83	167	1002
<b>70</b>	97	194	1169
<b>80</b>	111	222	1336
<b>90</b>	125	250	1503
<b>100</b>	139	278	1670
<b>110</b>	153	306	1837
<b>120</b>	167	333	2004
<b>130</b>	180	362	2171

Donde:

$L_{mín.s}$ : Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{mín.o}$ : Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

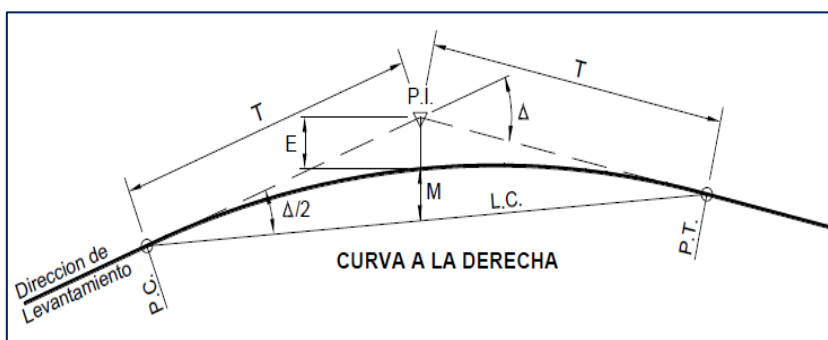
$L_{máx}$ : Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h)

### 1.6.2.2.1.3. Curvas circulares

Según el Manual del MTC, son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

#### Elementos de la curva circular:



**Figura 1:** Simbología de la curva circular.



Elemento	Símbolo	Fórmula
Longitud de la subtangente	T	$T = R \tan (\Delta / 2)$
Longitud de curva (m)	L	$L = 2\pi R \Delta / 180^\circ$
Longitud de la Cuerda (m)	L.C.	$L.C. = 2 R \text{ Sen } (\Delta / 2)$
Distancia a Externa (m)	E	$E = R [ \text{Sec } (\Delta / 2) - 1 ]$
Dist. De la ord. Media (m)	M	$M = R [ 1 - \text{Cos } (\Delta / 2) ]$
Punto de inicio de la curva	P.C.	
Punto de intersección	P.I.	
Distancia a externa	E	
Longitud del radio	R	
Ángulo de deflexión (°)	$\Delta$	
Peralte	P	
Sobreancho	Sa	

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014

### Radios mínimos:

Según el Manual del MTC, los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.

Se puede usar la siguiente fórmula:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Donde:

$R_{\text{mín}}$  : Radio mínimo.

V : Velocidad de Diseño.

$P_{\text{máx}}$  : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

$f_{\text{máx}}$  : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

En lo posible se debe emplear los radios mínimos para las condiciones críticas (MTC Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 141).

#### 1.6.2.3.1.4. Curvas de transición

Según el Manual del MTC, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

En la Tabla 8 se presentan algunos valores mínimos de longitudes de transición (L).

**Tabla 8***Longitudes mínimas de curva de transición.*

Velocidad Km/h	Radio mín. m	$m/J_3$	Peralte máx. %	A mín. m	Longitud de transición (L)	
					Calculada	Redondeada
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40
40	66	0.5	2	50	38	40
50	70	0.5	12	55	43	45
50	76	0.5	10	57	43	45
50	82	0.5	8	60	44	45
50	89	0.5	6	62	43	45
50	98	0.5	4	66	44	45
50	109	0.5	2	69	44	45
60	105	0.5	12	72	49	50
60	113	0.5	10	75	50	50
60	123	0.5	8	78	49	50
60	135	0.5	6	81	49	50
60	149	0.5	4	86	50	50
60	167	0.5	2	90	59	50
70	148	0.5	12	89	54	55
70	161	0.5	10	93	54	55
70	175	0.5	8	97	54	55
70	193	0.5	6	101	53	55
70	214	0.5	4	107	54	55
70	241	0.5	2	113	53	55
80	194	0.5	12	121	75	75
80	210	0.5	10	126	76	75
80	229	0.5	8	132	76	75
80	252	0.5	6	139	77	75
80	280	0.5	4	146	76	75
80	314	0.5	2	155	76	75

90	255	0.5	12	143	80	80
90	277	0.5	10	149	80	80
90	304	0.5	8	155	79	80
90	336	0.5	6	163	79	80
90	375	0.5	4	173	80	80
90	425	0.5	2	184	80	80
100	328	0.5	12	164	82	85
100	358	0.5	10	171	82	85
100	394	0.5	8	179	81	85
100	437	0.5	6	189	82	82
100	492	0.5	4	200	81	85
100	582	0.5	2	214	81	85
110	414	0.5	12	185	83	90
110	454	0.5	10	193	82	90
110	501	0.5	8	203	82	90
110	560	0.5	6	215	83	90
110	635	0.5	4	229	83	90
110	733	0.5	2	246	83	90
120	540	0.5	12	169	73	75
120	597	0.5	10	209	73	75
120	667	0.5	8	221	73	75
120	756	0.5	6	236	74	75
120	872	0.5	4	253	73	75
120	1031	0.5	2	275	73	75
130	700	0.5	12	208	62	65
130	783	0.5	10	220	62	65
130	887	0.5	8	234	62	65
130	1024	0.5	6	252	62	65
130	1210	0.5	4	274	62	65
130	1479	0.5	2	303	62	65

#### 1.6.2.3.1.5. Curvas compuestas

Según el Manual del MTC, dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

#### 1.6.2.3.1.6. Transición de peralte

Según el Manual del MTC se define a la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$ip_{\text{máx}} = 1.8 - 0.01V$$

Donde:

$ip_{\text{máx}}$  = Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

$$L_{\text{mín}} = \frac{p_f - p_i}{ip_{\text{máx}}} B$$

Donde:

$L_{\text{mín}}$  : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

$p_f$  : Peralte final con su signo (%).

$p_i$  : Peralte inicial con su signo (%).

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

En carreteras de Tercera Clase, se tomarán en cuenta los valores de la Tabla 9, para la definición de las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor de peralte (MTC Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 167).

**Tabla 9***Longitud mínima de transición de bombeo.*

Velocidad de diseño (km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
<b>20</b>	9	18	27	36	45	54	9
<b>30</b>	10	19	29	38	48	58	10
<b>40</b>	10	21	31	41	51	62	10
<b>50</b>	11	22	33	44	55	66	11
<b>60</b>	12	24	36	48	60	72	12
<b>70</b>	13	26	39	52	65	79	13
<b>80</b>	14	29	43	58	72	86	14
<b>90</b>	15	31	46	61	77	92	15

\*Longitud de transición basada en la rotación de un carril.

\*\*Longitud basada en 2% de bombeo.

**1.6.2.3.1.7. Sobreancho**

Según el Manual del MTC, es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

**1.6.2.3.2. Diseño geométrico en perfil**

Según el manual del MTC se encuentra, constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 188).

**1.6.2.3.2.1. Consideraciones de diseño**

Según el Manual del MTC se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.

En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.

En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.

En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.

#### **1.6.2.3.2. Pendiente**

La pendiente mínima a considerar debe ser 0.5%, para permitir el drenaje de las aguas superficiales; sin embargo excepcionalmente pueden presentarse casos particulares:

Cuando el bombeo es del 2% y no existen bermas y/o cunetas, se puede asumir pendientes de 0.2%.

Cuando el bombeo es del 2.5%, puede asumirse pendientes de 0%.

Cuando existan bermas, puede asumirse 0.35%. (MTC. *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014*, 2014, p. 189).

La pendiente máxima será de acuerdo a lo indicado en la Tabla 10.





La pendiente máxima podrá incrementarse excepcionalmente hasta en 1%.

Para carreteras de Tercera Clase, debe tenerse presente las siguientes consideraciones:

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contará con la correspondiente evaluación técnica y económica.

En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.

La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2.000 m, no debe superar el 6%.

En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

#### **1.6.2.3.2.3. Curvas verticales**

Son aquellas curvas verticales parabólicas que unen tramos consecutivos que presentan diferencia algebraica de pendientes mayores a 1% para vías pavimentadas y 2% para las otras. Estás son definidas por el parámetro de curvatura k, según la siguiente formula:

$$K = L/A$$

Dónde:

K : Parámetro de curvatura.

L : Longitud de la curvatura vertical

A : Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (MTC. *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014*, 2014, p. 194).

Los valores del índice K para carreteras de Tercera Clase, se muestran en las Tablas 11 y 12.

**Tabla 11**

*Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase.*

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

**Tabla 12**

*Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase.*

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

#### **1.6.2.3.3. Diseño geométrico de la sección transversal**

Según el manual del MTC se define a los elementos de la vía visto en un corte transversal al alineamiento horizontal; siendo estos elementos los destinados a la calzada, bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 204).

##### **1.6.2.3.3.1. Elementos de la sección transversal**

Según el Manual del MTC la conforman: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que abarca el derecho de vía (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 204).





### 1.6.2.3.3.1.3. Bombeo

Según el Manual del MTC se define a la inclinación transversal mínima, por la cual se permite la evacuación de las aguas superficiales.

El bombeo se encuentra definido en función al tipo de superficie de rodadura y nivel de precipitación en el área de influencia, las mismas que se muestran en la Tabla 15 (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 214).

**Tabla 15**

*Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase.*

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 – 3.0
Afirmado	3.0 – 3.5	3.0 – 4.0

### 1.6.2.3.3.1.4. Peralte

Según el Manual del MTC se define a la inclinación transversal en curva, por la cual se permite contrarrestar la fuerza centrífuga de los vehículos.

Habrà excepción de peralte en curvas horizontales, según las consideraciones de la Tabla 16; se tendrá consideración de peraltes máximos de acuerdo a las condiciones señaladas en la Tabla 17; y se considerara un peralte mínimo de 2% según las condiciones señaladas en la Tabla 18 (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p.p. 215-216).

**Tabla 16**

*Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.*

Velocidad (km/h)	40.00	60.00	80.00	≥100
Radio (m)	3500.00	3500.00	3500.00	7500.00

**Tabla 17***Valores de peralte máximo*

Pueblo o ciudad	Peralte máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0%	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.0%	6.0%

**Tabla 18***Peralte mínimo*

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

**1.6.2.3.3.1.5. Derecho de vía o faja de dominio**

Según el Manual del MTC, se define al ancho de terreno que comprende la calzada y sus elementos, así como ensanchamientos futuros, elementos de seguridad y obras complementarias (MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014, 2014, p. 217).

Según las disposiciones normativas con la que se ha formulado el presente proyecto de investigación, se considera y se define los siguientes conceptos:

Ancho del derecho de vía.- En la Tabla N° 19, se indican los anchos mínimos en función a la clasificación de la carretera.

**Tabla 19***Anchos mínimos de Derecho de Vía.*

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Demarcación y señalización del derecho de vía.- De responsabilidad de la autoridad competente en concordancia con la normativa vigente y la base del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC.

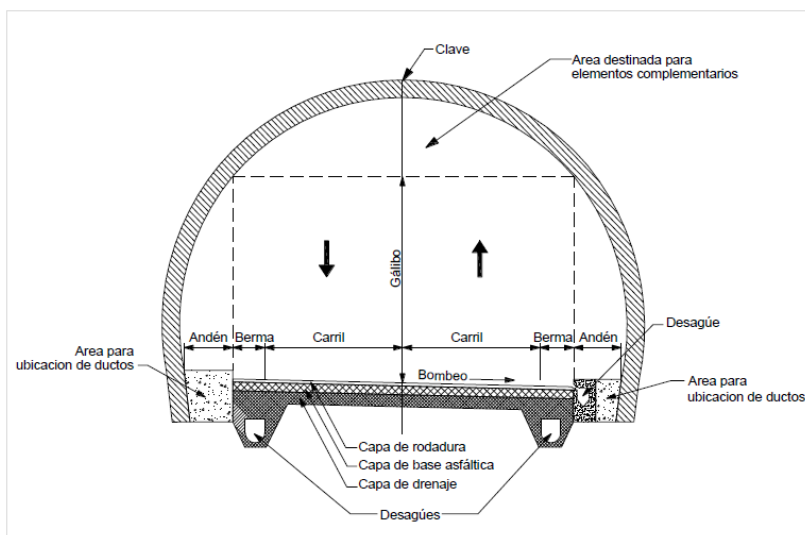
Faja de propiedad restringida.- De responsabilidad de la autoridad competente en concordancia con la normativa vigente y la base del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, permitiendo la visibilidad y facilitando ensanches futuros; la misma será de 5.00 metros a cada lado del Derecho de Vía.

#### 1.6.2.3.3.1.6. Separadores

Según el Manual del MTC, se define fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito.

#### 1.6.2.3.3.1.7. Gálibo

Según el Manual del MTC, se define a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. En el caso de túneles, de acuerdo a la Figura 2. En el caso de carreteras el gálibo será de 5.50 m como mínimo.

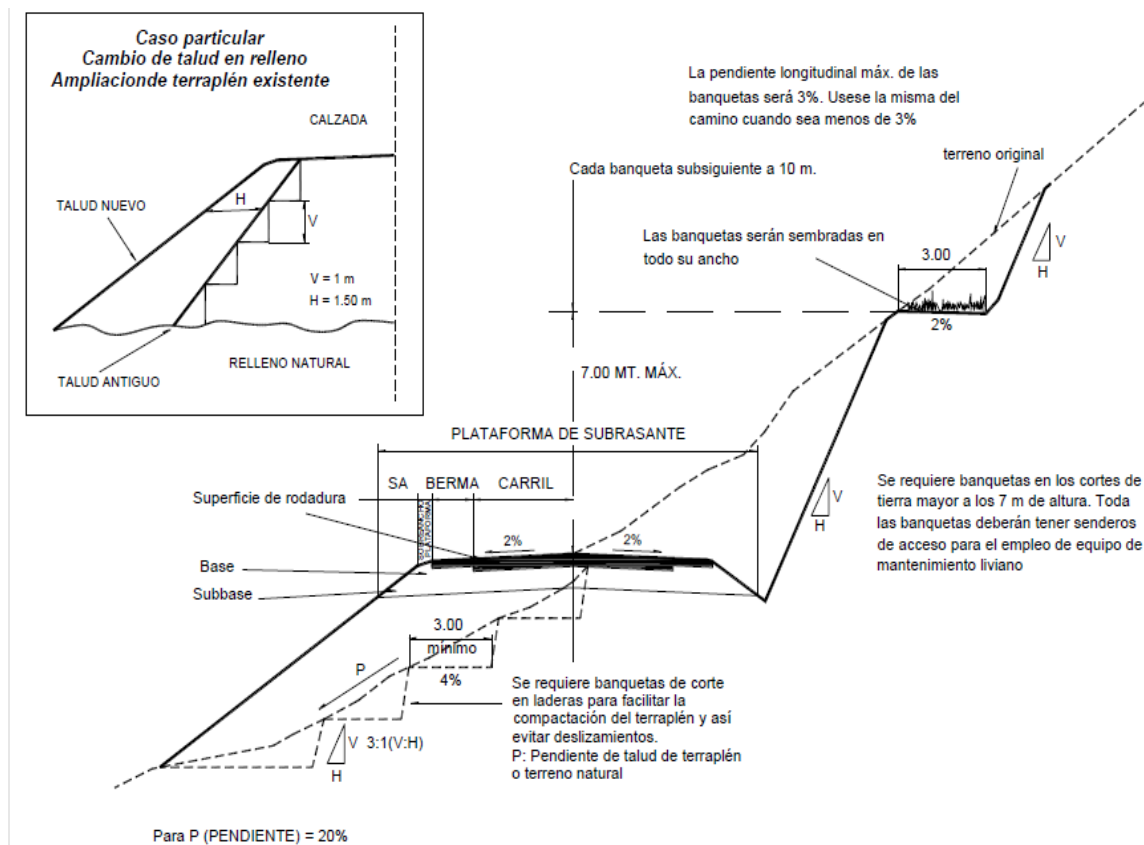


**Figura 2:** Sección típica de túnel.

#### 1.6.2.3.3.1.8. Taludes

Según el Manual del MTC, se define a la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. La

misma varía de acuerdo a las características del terreno, determinadas por el estudio de suelos y/o drenaje. En la Figura 3, se ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera.



**Figura 3:** Sección transversal típica en tangente.

La Tabla 20, muestra los valores de taludes en corte.

**Tabla 20**

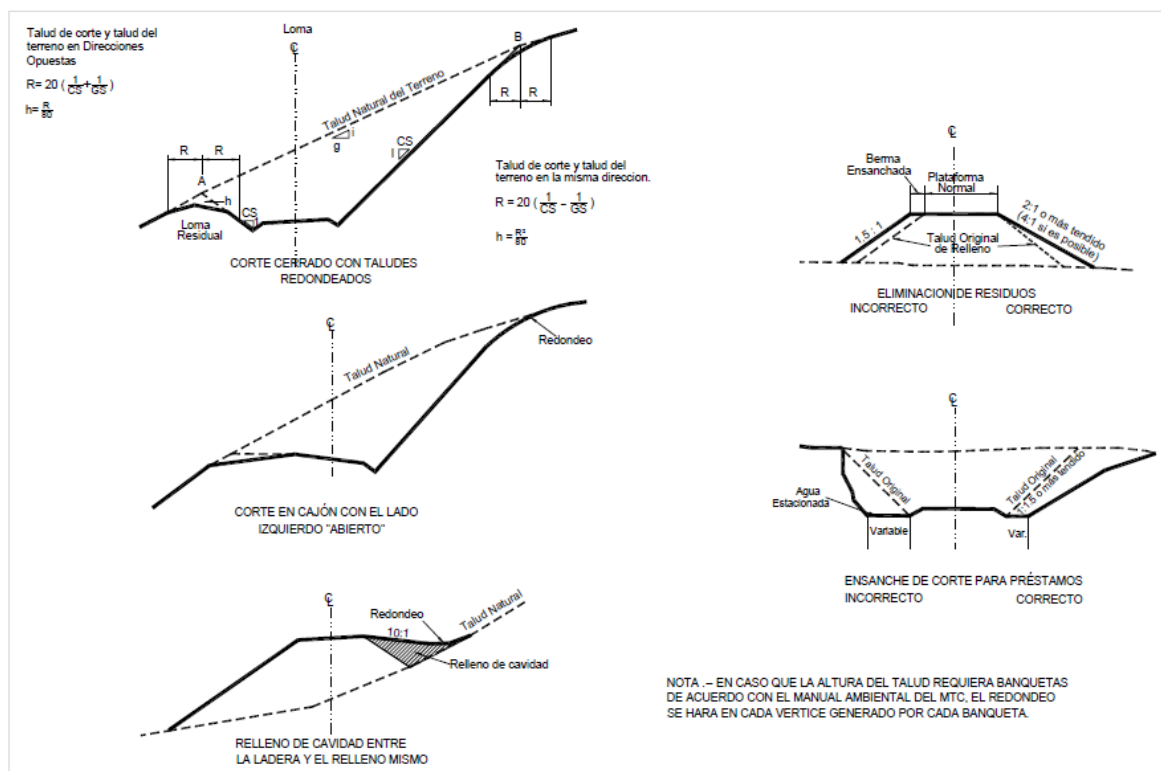
Valores referenciales para taludes en corte. (Relación H: V)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de Corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	> 10 m	1:8	1:2	*	*	*

(\*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.



En la Figura 4, muestra caso típico de tratamiento de taludes.



**Figura 4:** Tratamiento de taludes tipo.

La Tabla 21, muestra los valores de taludes en relleno.

**Tabla 21**

*Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)*

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	< 5	5 a 10	> 10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Arena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

#### 1.6.2.3.3.1.9. Cunetas

Según el Manual del MTC, se define a los canales laterales a la carretera, encargados de la conducción de aguas superficiales, protegiendo la estructura del pavimento. Pudiendo ser de forma triangular, trapezoidal, entre otras; revestida o sin revestir; abierta o cerrada. Definidas por los cálculos hidráulicos. Presentaran una pendiente mínima absoluta de 0.2% (cunetas con revestimiento) o 0.5% (cunetas sin revestimiento).

### 1.6.2.4. Suelos, tráfico vial y afirmados

#### 1.6.2.4.1. Descripción de suelos

Las muestras de suelos serán definidas en función la clasificación AASHTO y SUCS (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, 2014, pp. 29-30), según las tablas 22 y 23.

**Tabla 22**

*Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación – AASHTO.*

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Simbología AASHTO

**Tabla 23**

*Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación – SUCS.*

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micáceo o diatometáceo, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

#### 1.6.2.4.1.1. Granulometría

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos, establece que representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107).

En la tabla 24, se muestra la clasificación de partículas según su tamaño:

**Tabla 24**

*Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menos a 0.005 mm

#### 1.6.2.4.1.2. La plasticidad

Puede establecerse como la propiedad inherente a los finos, la cual determina la estabilidad del suelo hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, determinado a través de los límites de Atterberg. Los cuales son: el límite líquido (LL – ensayo MTC E 110), límite plástico (LP – ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC – ensayo MTC E 112); adicionalmente la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico determina el Índice de Plasticidad. (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 31).

En la tabla 25, se muestra la clasificación de los suelos de acuerdo a su Índice de Plasticidad:

**Tabla 25***Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.*

<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Características</b>
$IP > 20$	Alta	suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP < 7$	Media	suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

**1.6.2.4.1.3. Equivalente de arena**

Puede establecerse como la cantidad de polvo fino o arcilla que se encuentra en los suelos y su valor determina la plasticidad del mismo. (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 32).

En la tabla 26, se muestra la clasificación de los suelos según el equivalente de arena:

**Tabla 26***Clasificación de suelos según Equivalente de Arena.*

<b>Equivalente de Arena</b>	<b>Características</b>
Si $EA > 40$	el suelo no es plástico, es arena
Si $40 > EA > 20$	el suelo es poco plástico y no heladizo
Si $EA < 20$	el suelo es plástico y arcilloso

**1.6.2.4.1.4. Índice de grupo**

Es un indicador establecido por AASHTO y de clasificación de suelos basado en los Límites de Atterberg. (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 32).

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

Donde:

$a = F - 35$  ( $F$  = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 – 74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

$b = F - 15$  ( $F$  = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 – 74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

$c = LL - 40$  ( $LL$  = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

$d = IP - 10$  ( $IP$  = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

Cuando el valor de  $IG$  es igual a cero, el suelo es considerado muy bueno; mientras que para un valor  $\geq 20$ , el suelo es malo.

En la tabla 27, se muestra la clasificación de los suelos según el índice de grupo:

**Tabla 27**

*Clasificación de suelos según Índice de Grupo.*

<b>Índice de Grupo</b>	<b>Suelo de Sub rasante</b>
$IG > 9$	Inadecuado
$IG$ está entre 4 a 9	Insuficiente
$IG$ está entre 2 a 4	Regular
$IG$ está entre 1 a 2	Bueno
$IG$ está entre 0 a 1	Muy Bueno

#### **1.6.2.4.1.5. Humedad natural**

Es la humedad que presentan sobre todo los suelos finos y la que permitirá determinar la forma de su compactación o el reemplazo de la misma. (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 33).

#### **1.6.2.4.1.6. Clasificación de suelos**

Es la que permitirá las características del suelo en función a los acápites anteriores. (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 33).

En las tablas 28 y 29, se muestra la clasificación de los suelos según AASHTO y SUCS:

**Tabla 28***Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS.*

<b>Clasificación de Suelos AASHTO M-145</b>	<b>Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487</b>
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

**Tabla 29**

*Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.*

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos fino más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
Clasificación de Grupo	A - 1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	máx. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
LL: Límite Líquido				máx. 40	máx. 41	máx. 40	máx. 41	máx. 40	min. 41	máx. 41	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11(a)	mín. 11(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno					Regular a insuficiente						

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL - 30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL -30.

- Cuando se requiere relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo:

A-18: 182-6 (3), A-4(5), A-7-5(17), etc.

$$IG = (F-35) [0.2+0.00((LL-40))] + 0.01(F-15)(IP-10)$$

#### 1.6.2.4.1.7. Ensayo CBR

Valor de resistencia del suelo al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm. (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 35).

En la tabla 30, se muestra las categorías de sub rasante para un rango de CBR determinado:

**Tabla 30**

*Categoría de Sub rasante.*

<b>Categorías de sub rasante</b>	<b>CBR</b>
S0: Sub rasante inadecuada	$\text{CBR} < 3\%$
S1: Sub rasante insuficiente	De $\text{CBR} \geq 3\%$ A $\text{CBR} < 6\%$
S2: Sub rasante regular	De $\text{CBR} \geq 6\%$ A $\text{CBR} < 10\%$
S3: Sub rasante buena	De $\text{CBR} \geq 10\%$ A $\text{CBR} < 20\%$
S4: Sub rasante muy buena	De $\text{CBR} \geq 20\%$ A $\text{CBR} < 30\%$
S5: Sub rasante excelente	De $\text{CBR} \geq 30\%$

#### 1.6.2.4.1.8. Ensayos de laboratorio

De las muestras extraídas puede realizarse los siguientes ensayos (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 35):

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422, MTC E 107).

Límite Líquido (ASTM D-4318, MTC E 110).

Límite Plástico (ASTM D-4318, MTC E 111).

Contenido de Humedad (ASTM D-2216, MTC E 108).

Clasificación SUCS (ASTM D-2487).



Clasificación ASSHTO (M – 145).

California Bearing Ratio – CBR (ASTM D-1883, MTC E 132).

Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E 115).

Equivalente de Arena (ASTM D-2419, MTC E 114).

#### **1.6.2.4.1.9. Sub rasante**

Los suelos con  $\text{CBR} \geq 6 \%$  se consideran aptos, cuando los valores obtenidos sean menores, deberán estabilizarse según las alternativas de solución más conveniente y a criterio del profesional (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, pp. 40-41).

#### **1.6.2.4.2. Tráfico vial**

El conocimiento del tráfico vial permitirá determinar el tipo de pavimento a usar y la capacidad de la vía, a través del índice medio diario anual (IMDA) y la clasificación de los vehículos que circulan por la vía en estudio. Toda esta información servirá para determinar el número de ejes equivalentes (EE) de diseño para el pavimento (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, 2014, pp. 62-63).

##### **1.6.2.4.2.1. Factor direccional y factor carril**

El factor de distribución direccional es la relación del número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido del tráfico. El factor de distribución carril, expresa la relación del carril que recibe el mayor número de ejes equivalentes (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 63).

En la tabla 31, se muestra los factores de distribución direccional y de carril:

**Tabla 31**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
<b>1 calzada (para IMDa total de calzada)</b>	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
<b>2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)</b>	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

#### 1.6.2.4.2.2. Cálculo de tasas de crecimiento y proyección

El crecimiento de tránsito puede calcularse mediante una fórmula de progresión geométrica, de la cual se puede mencionar que la tasa anual de crecimiento está ligada íntimamente al crecimiento socio – económico del área de influencia de la misma (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, pp. 64-65).

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T<sub>o</sub> = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Número de años del periodo de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

En la tabla 32, se muestra los factores de crecimiento acumulado (Fca).

**Tabla 32**

*Factores de Crecimiento Acumulado (Fca) Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE.*

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento ( r )							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.30	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	20.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

#### 1.6.2.4.2.3. Número de repeticiones de ejes equivalentes

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, establece que el efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por

AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg<sup>2</sup>. Los ejes equivalentes (EE) son factores equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

En la figuras 5, 6 y 7, se muestra la configuración de ejes.

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Simple)	1RS	02	
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Doble)	1RD	04	
<b>EJE TANDEM</b> (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
<b>EJE TANDEM</b> (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
<b>EJE TRIDEM</b> (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
<b>EJE TRIDEM</b> (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

**Figura 5:** Configuración de Ejes.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

**Figura 6:** Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.1</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.1</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 13.0 ] <sup>4.1</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 13.3 ] <sup>4.1</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 16.6 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 17.5 ] <sup>4.0</sup>
P = peso real por eje en toneladas	

**Figura 7:** Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Pavimentos Rígidos.

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados ((MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p.p. 73-74):

$$N_{rep \text{ de } EE_{8.2tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

Donde:

**Nrep de EE 8.2t** = Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.

**EE<sub>día-carril</sub>** = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMDp_i \times F_d \times F_c \times F_{vp_i} \times F_{p_i}$$

Donde:

**IMD<sub>p<sub>i</sub></sub>**: Corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)

**F<sub>d</sub>**: Factor Direccional, según tabla 31

**F<sub>c</sub>**: Factor Carril de Diseño, según tabla 31

**FV<sub>p<sub>i</sub></sub>**: Factor Vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.

Fp: Factor de Presión de neumáticos, según el cuadro N° 6.13 del manual, para el caso de afirmados y pavimentos rígidos el factor será igual a 1.0.

**Fca** = Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según tabla 32)

**365** = Número de días del año

$\Sigma$  = Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año

#### **1.6.2.4.2.4. Clasificación de número de ejes equivalentes en el periodo de diseño: caminos no pavimentados**

Para caminos No Pavimentados con Afirmado tendrán un rango de aplicación de Números de Repeticiones de EE, según la tabla 33 que se muestra a continuación, para un periodo de diez años (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 74).

**Tabla 33**

*Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Caminos No Pavimentados.*

<b>Tipos Tráfico Pesado expresado en EE</b>	<b>Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE</b>
TNP1	$\leq 25,000$ EE
TNP2	$> 25,000$ EE $\leq 75,000$ EE
TNP3	$> 75,000$ EE $\leq 150,000$ EE
TNP4	$> 150,000$ EE $\leq 300,000$ EE

Nota:

T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

NPX = No Pavimentada, X = número de rango.

#### **1.6.2.4.3. Afirmados**

Las carreteras no pavimentadas, corresponden a carreteras de bajo volumen de tránsito con un número de ejes equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años. Las mismas que podríamos clasificar en:

Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.

Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar.

Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25 mm.

Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos, cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geosintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo.

#### **1.6.2.4.3.1. Metodología de diseño**

A través de las características de los suelos y el estudio del tráfico, se podrá determinar el espesor del pavimento, estos parámetros son desarrollados en los acápites anteriores (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p.p. 118-119).

#### **1.6.2.4.3.2. Secciones de capas de afirmado**

El Manual de Carreteras determina para el dimensionamiento de espesores la ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS), una interacción entre los valores CBR y la carga actuante en número de repeticiones de EE (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p. 119).

$$e = [219 - 211x(\log_{10}CBR) + 58x(\log_{10}CBR)^2]x\log_{10}(Nrep/120)$$

Donde:

e	=	espesor de la capa de afirmado en mm.
CBR	=	valor del CBR de la sub rasante.
Nrep	=	número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

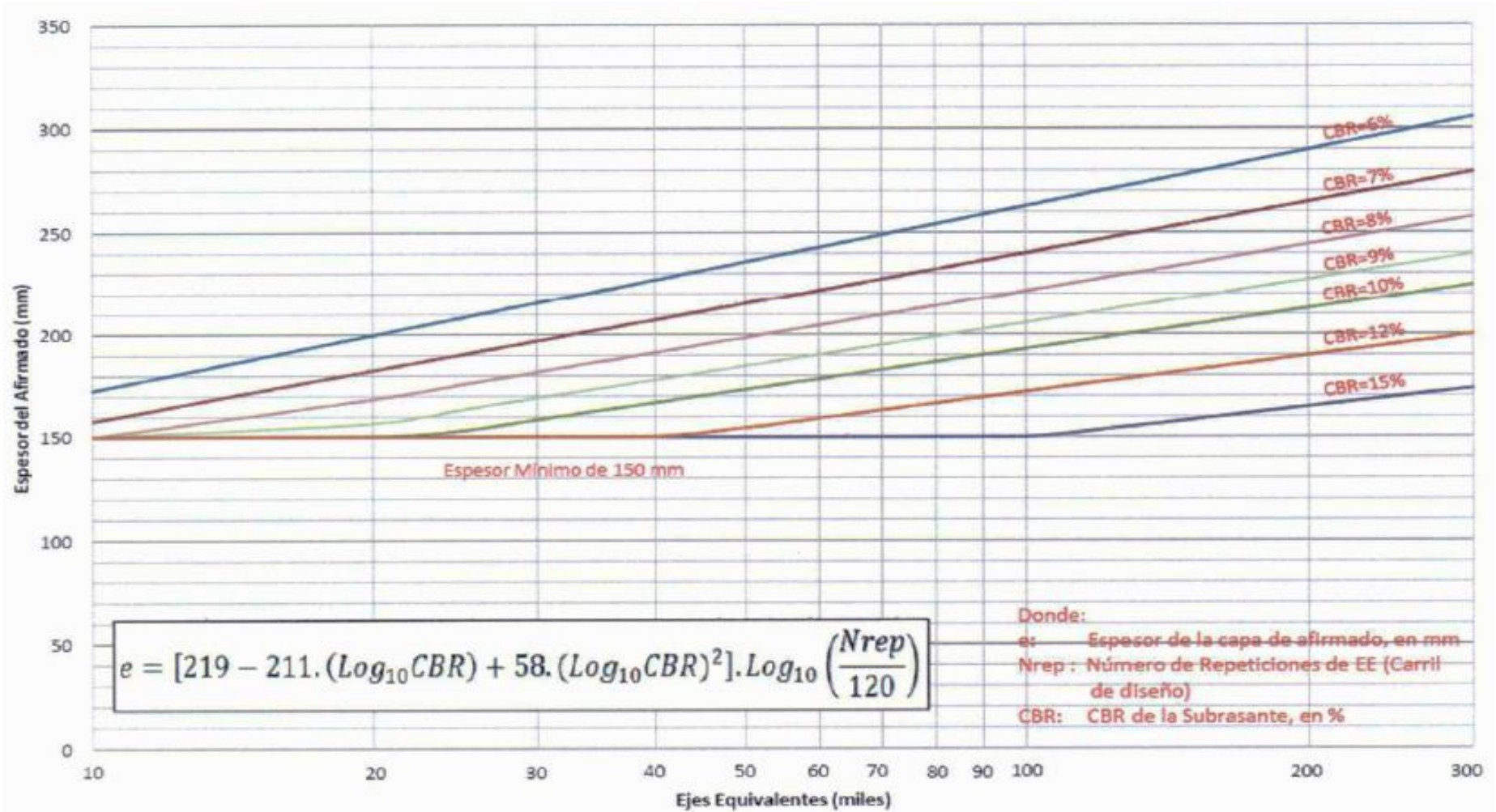
La tabla 34 se presenta los espesores de afirmado propuestos para sub rasantes con CBR > 6% hasta un CBR > 30% y tráfico con número de repeticiones de hasta 300,000 ejes equivalentes. Del mismo modo la figura 8.

**Tabla 34**

*Resumen.*

[illegible]





**Figura 8:** Espesor de capa de revestimiento granular.

#### 1.6.2.4.3.6. Materiales de afirmado

El material necesario para formar el pavimento afirmado, dependerá ser determinado mediante ensayos, teniendo presente que la mezcla estará formada por piedra, arena y finos o arcilla; ya se han proveniente de canteras de cerro y/o rio. El Manual recomienda tener consideración las gradaciones dadas por AASTHO M 147 y FHWA, según lo que se muestra en las tablas 35 y 36 respectivamente (MTC. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, 2014, p.p. 123-126).

**Tabla 35**

*Gradación del Material de Afirmado – AASHTO M 147.*

<b>PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ</b>	<b>GRADACIÓN C</b>	<b>GRADACIÓN D</b>	<b>GRADACIÓN E</b>	<b>GRADACIÓN F</b>
50 mm (2")				
37.5 mm (1 1/2")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (3/4")				
12.5 mm (1/2")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (N° 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (N° 8)				
2.0 mm (N° 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200)	5 - 15.	5 - 20.	6 - 20.	8 - 25.
<b>Índice de Plasticidad</b>	4 - 9.	4 - 9.	4 - 9.	4 - 9.
<b>Límite Líquido</b>	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
<b>Desgaste Los Ángeles</b>	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
<b>CBR</b> [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%

**Tabla 36***Gradación del Material de Afirmado – FHWA.*

<b>PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ</b>	<b>FHWA-FP 03</b>	<b>FHWA-SD LTAP</b>
50 mm (2")		
37.5 mm (1 1/2")		
25 mm (1")	100(1)	
19 mm (3/4")	97 - 100(1)	100
12.5 mm (1/2")		
9.5 mm (3/8")		
4.75 mm (N° 4)	41 - 71(7)	50 - 78
2.36 mm (N° 8)		37 - 67
2.0 mm (N° 10)		
4.25 um (N° 40)	12 - 28(5)	13 - 35
75 um (N° 200)	9 - 16(4)	4 - 15.
<b>Índice de Plasticidad</b>	8 (4)	4 - 12.
<b>Límite Líquido</b>	Máx. 35%	Máx. 35%
<b>Desgaste Los Ángeles</b>	Máx. 50%	Máx. 50%
<b>CBR</b> [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Mín. 40%	Mín. 40%
Nota: (1) = Procedimiento estadístico no aplica		

**1.6.3. Marco conceptual: Terminología básica**

El Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG – 2014, elaborado por el MTC, define lo siguiente:

**Sistema Nacional.-** Que corresponde a la red de carreteras de interés Nacional y que une los puntos principales de la Nación con sus Puertos y Fronteras.

**Sistema Departamental.-** Compuesto Por aquellas carreteras que constituyen la red vial circumscripta a la zona de un Departamento.

**Sistema Vecinal.-** Es el conformado por aquellas carreteras de carácter local y que une las aldeas y pequeñas Poblaciones entre sí.

**Autopistas de Primera Clase.-** Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6,000 veh/día.

**Autopistas de Segunda Clase.-** Son carreteras con IMDA entre 6,000 y 4,001 veh/día.

**Carreteras de Primera Clase.-** Son carreteras con un IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día.

**Carreteras de Segunda Clase.-** Son carreteras con un IMDA entre 2,000 y 400 veh/día.

**Carreteras de Segunda Clase.-** Son carreteras con un IMDA menores a 400 veh/día.

**Trochas Carrozables.-** por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día.

**Visibilidad de Parada.-** Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo a una velocidad directriz.

**Pendiente.-** Cuesta o declive de un terreno, Angulo que forma un plano o línea con los horizontes.

**Alcantarilla.-** Paso bajo conducto para circular las aguas, acueducto subterráneo para recoger las aguas.

**Cantera.-** Sitio al aire libre o subterráneo de donde se extrae agregados grueso o fino otros materiales para la construcción.

**Velocidad de diseño de tramo homogéneo.-** Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos para un tramo homogéneo.

**Velocidad de Operación.-** Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

#### **1.6.4. Marco histórico**

Sabemos que las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos. En ese sentido, el desarrollo de una nación depende en gran medida de la extensión y el estado

de su red vial. En efecto, los caminos y carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y carga, que repercuten directamente en el progreso social, político y social.

En la Región San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación. El tramo de carretera existente entre los poblados Nuevo Trujillo – El Mirador, tengan la necesidad urgente de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

### **1.7. Hipótesis**

La ejecución del **Estudio Definitivo del Camino Vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador** *nos* permitirá mejorará las condiciones socio – económicas de las poblaciones aledañas al proyecto cuando el mismo sea ejecutado.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Material**

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

##### **2.1.1 Recursos Humanos**

Tesista (2).

Asesor.

Técnico de Laboratorio de Mecánica de Suelos.

Digitador.

Ayudantes.

##### **2.1.2 Recursos Materiales y servicios**

Ensayos de Laboratorio.

Material bibliográfico.

Material de escritorio.

Movilidad y viáticos.

##### **2.1.3 Recursos de Equipos**

01 Computadora.

01 Calculadora científica.

01 Teodolito Marca Wild T-01.

01 Nivel de Ingeniero Marca Wild.

01 Brújula.

#### **2.2 Metodología de la investigación**

##### **2.2.1 Universo y/o muestra**

**Universo:** Carreteras y Caminos de la Región San Martín

**Población:** Carreteras y Caminos de la provincia de Picota

**Muestra:** Camino Vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador.

### 2.2.2 Sistema de variables

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

#### Variable Independiente:

Situación socio – económica actual.

Infraestructura vial existente.

Aplicación de estudios de ingeniería.

#### Variables Dependientes:

Estudio Definitivo del Camino Vecinal Nuevo Trujillo – El Mirador.

#### Variables Intervinientes:

Accesibilidad al área de estudio.

Actividad agrícola.

Costo de la producción.

Nivel educativo, cultura.

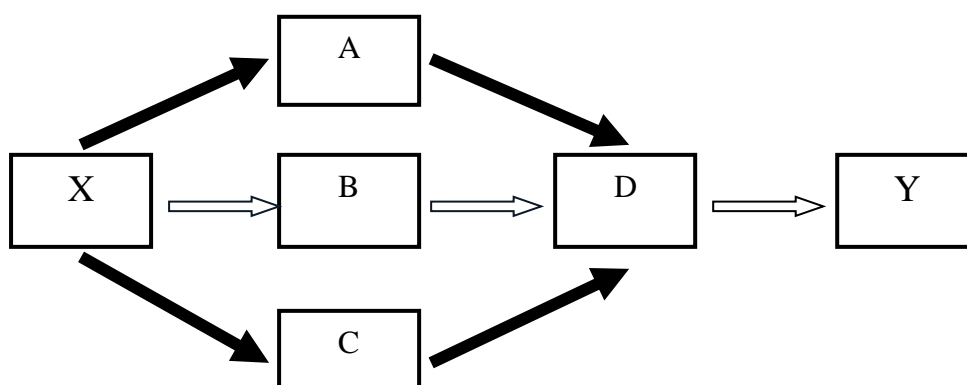
Aplicación de normas técnicas.

### 2.2.3 Tipos y nivel de la investigación

**Tipo:** Investigación aplicada

**Nivel:** Básico

#### 2.2.3.1 Diseño del método de la investigación



**X:** Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

**A:** Aplicación de estudio socio – económico para conocer la necesidad.

- B: Estudios de Ingeniería para levantar información requerida.
- C: Estudios especiales para complementar la información.
- D: Estudios de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.
- Y: *Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del estudio definitivo.***

#### **2.2.3.2 Diseño de instrumentos**

El levantamiento topográfico del Camino Vecinal será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

Los datos recopilados del estudio de suelos y de cantera en campo deberán ser sometidos a distintos tipos de Ensayos los cuales se llevarán a cabo en un Laboratorio de suelos, de la Universidad o particular.

#### **2.2.3.3 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos**

Se utilizó Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

#### **2.2.4 Procesamiento de la información**

Los Procesamientos y presentación de Datos se hizo de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

Con respecto al estudio de suelos realizado se utilizó el CBR en el diseño del espesor del pavimento y la calidad del agregado en la conformación de la subrasante y afirmado, los cuales se presentan en los diferentes anexos del presente estudio.

#### **2.2.5 Análisis e interpretación de datos y resultados**

El método empleado para el Estudio Socioeconómico consistió en recurrir a fuentes existentes sobre la producción agrícola de la zona, población beneficiaria, existencia de servicios educativos, de salud y otros, elaborando los cuadros respectivos.

El análisis se hizo a través del “Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014”, actualización del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2013), aprobado con



Resolución Directoral N° 031-2013-MTC/14 del 18/12/2013; “Manual de carreteras: Sección Suelos y Pavimentos”, aprobado con Resolución Directoral N° 005-2013-MTC/14 del 18/02/2013; así como la interpretación de los distintos ensayos a realizarse, se utilizó las Normas ASTM.

Para el estudio hidrológico se utilizó el método de la FORMULA RACIONAL, para la determinación de los caudales (método directo o de Aforo).

## **2.2.6 Información del proyecto: Diseño obtenido**

### **2.2.6.1 Detalles de ejecución de las secciones transversales**

La sección transversal que se ha optado, está en función a la velocidad directriz del camino vecinal. Esto significa después del ancho de la calzada al borde del talud viene directamente la cuneta.

### **2.2.6.2 Trazo del perfil longitudinal**

#### **2.2.6.2.1 Perfil longitudinal existente y propuesto**

Tratándose de una obra de ESTUDIO DEFINITIVO y lastrado la rasante propuesta en gran parte se adapta a la forma del terreno.

#### **2.2.6.2.2 Pendientes**

Las pendientes fuertes en algunas curvas verticales, han sido reducidas con algunos cortes en el terreno tratando de ajustarse a los valores recomendados por las normas de diseño de caminos vecinales.

## **2.2.7 Criterio general de aplicación**

Se ha considerado en lo posible las características técnicas de la vía existente, tales como radios mínimos, trazo en planta y la limpieza de las obras de drenaje existentes.

La Velocidad Directriz, es la escogida para el diseño de un tramo determinado de la carretera, de acuerdo a las características del terreno sobre el cual se desarrolla esta y en concordancia con la necesidad de evitar un excesivo movimiento de tierras, preservando las condiciones de seguridad. En nuestro tramo la topografía sobre la cual se desarrolla el camino vecinal Caserío Nuevo Trujillo – El Mirador, corresponde a una topografía ondulada, por lo que en cumplimiento de las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras la velocidad adoptada es de 25-35 Km/hora. Veamos:

Categoría	:	3ra clase
Velocidad Directriz	:	25 – 35 Km/hora
Longitud	:	17.664 metros.
Ancho de Superficie de rodadura	:	4.00 metros.
Cunetas	:	1.00 x 0.50 m.
Sobreancho	:	De acuerdo a Normas.
Peralte	:	De acuerdo a Normas
Radio mínimo	:	11.00 m
Radio Excepcional	:	10.00 m.
Radio Máximo	:	250.00 m
Pendiente Máxima (exceden al 20%)	:	14.00 % debido que las pendientes de terreno
Pendiente Mínima en corte	:	0.50 %
Curvas Verticales	:	De acuerdo a Normas.
Talud de Corte	:	2:1
Talud de Relleno	:	1: 1.5
Bombeo	:	2 %
Pavimento Afirmado	:	0.20 m

### **2.2.8 Excepciones consentidas**

Teniendo una velocidad directriz de 30.00 Km/Hora, el tramo no cuenta con algunas excepciones consentidas.

### **2.2.9 Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal permitirá conservar siempre la velocidad directriz de diseño. No se ha realizado variantes del trazo en la carretera por lo que todo el tramo se debe considerar el ESTUDIO DEFINITIVO de la vía en sus condiciones actuales.

### **2.2.10 Curvas horizontales**

#### **2.2.10.1 Radios mínimos normales**

Según las Normas de Diseño de Carreteras, se determina el radio mínimo excepcional.

Radio Mínimo normal 15 m.

Radio Mínimo excepcional 12 m.

Para el caso del presente proyecto, el radio mínimo proyectado es de 15.00 m.

### **2.2.10.2 Homogeneidad del trazo**

Se diseña un alineamiento en el cual las condiciones sean consistentes. Se evita tanto como sea posible los cambios súbitos en el alineamiento. Teniendo en cuenta que las tangentes largas se conectarán con curvas suaves, y las curvas cortas y agudas no se combinarán con curvas largas de pequeña curvatura.

En la zona la pendiente presenta el mayor problema porque el alineamiento horizontal está condicionado por el criterio de máxima pendiente.

### **2.2.10.3 Desarrollo de curvas**

El criterio usado en el desarrollo de las curvas, es que las ramas de los desarrollos tengan la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible evitando la superposición de varias de ellas en una misma ladera.

### **2.2.10.4 Peraltes y sobre anchos**

La finalidad del uso de peraltes es contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, todas las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Radio mínimo normal = peralte 7%

Radio mínimo excepcional = peralte 10%

El valor del Sobreancho varía en función al tipo de vehículos, radio de la curva y la velocidad directriz.

Sobreancho = 1.60 m como máximo

Sobreancho = 0.30 m como Mínimo

## **2.2.11 Secciones transversales**

### **2.2.11.1 Calzada**

El ancho de la calzada a rasante terminada resulta de la suma del ancho del pavimento, del ancho de las bermas y su curva aumentadas del sobreancho.

El ancho de la superficie de la carretera es adecuado para acomodar el tipo y capacidad de tránsito previsto, y la velocidad de proyecto propuesta.

### **2.2.11.2 Taludes**

Los taludes laterales y contra-taludes varían en gran medida, los taludes, planos bien acabados presentan una apariencia agradable y son más económicas en su construcción y mantenimiento, por la ubicación geográfica y el tipo de material existente en la zona se utilizara los parámetros siguientes:

**Taludes de corte:**

Roca fija	10:1
Roca suelta	4:1
Conglomerado	3:1
Tierra compacta	2:1
Tierra suelta	1:1

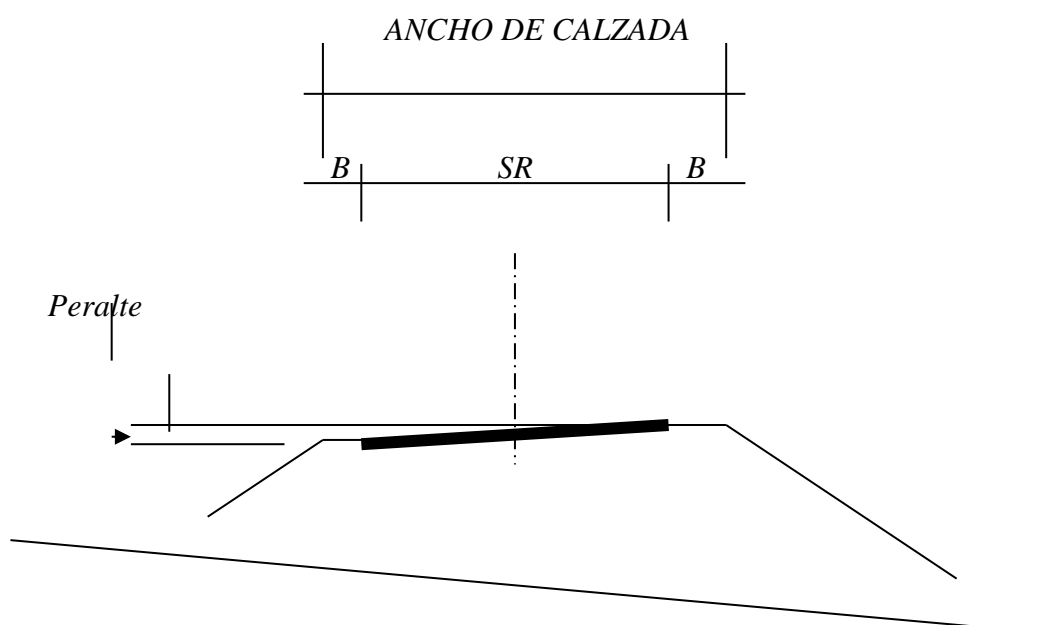
**Taludes de relleno:**

Enrocados	1:1
Terrenos varios	1:1.5

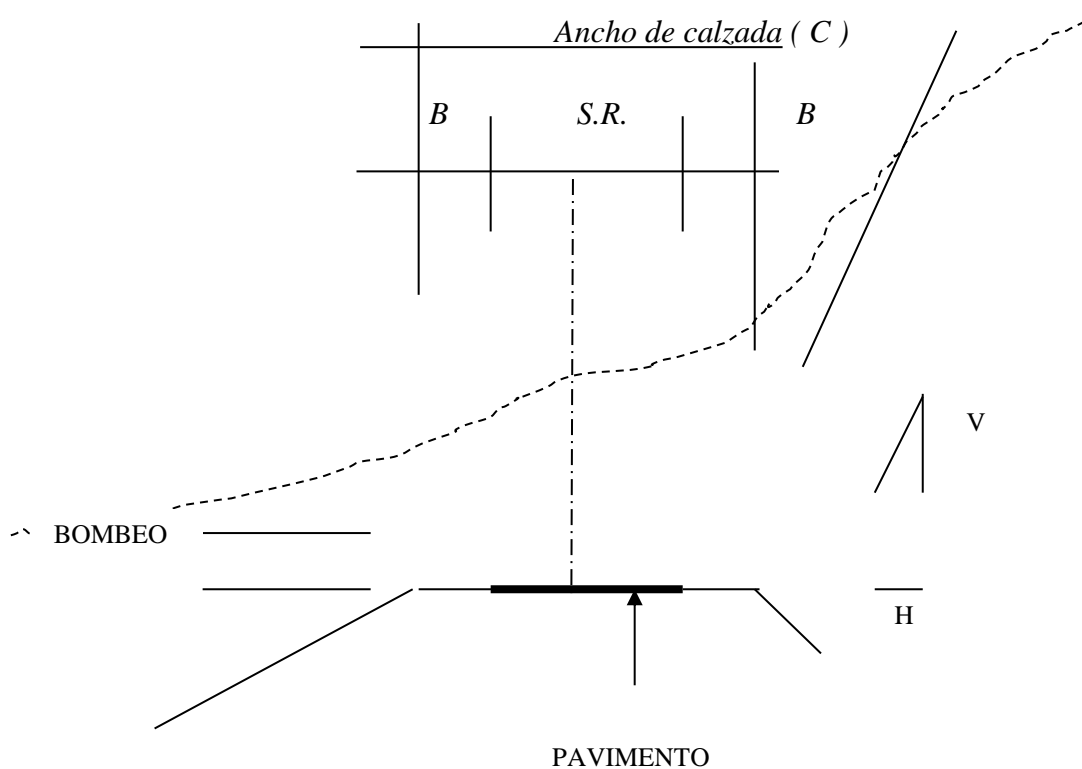
**2.2.11.3 Detalles de ejecución de las secciones transversales**

En los casos en que se tenga que eliminar material procedente de cortes se debe implementar mayores anchos en la plataforma del terraplén inmediato, mejorándose también el talud de relleno.

Los taludes en corte de más de 7.00 m estarán provistos de banquetas, para los rellenos en ladera empinada se dispondrán banquetas para facilitar la compactación por capas horizontales para prevenir deslizamientos.

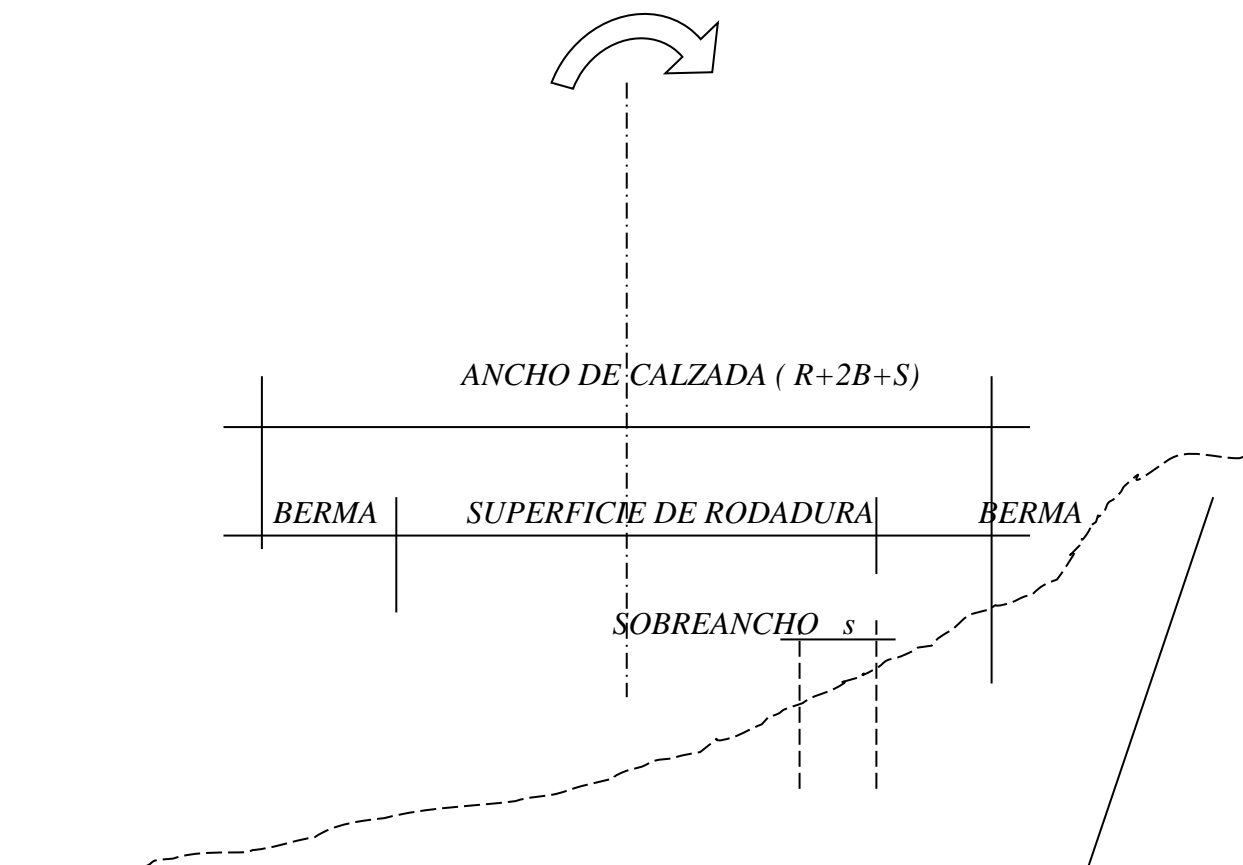
**Sección transversal típica en terraplen y en curva**

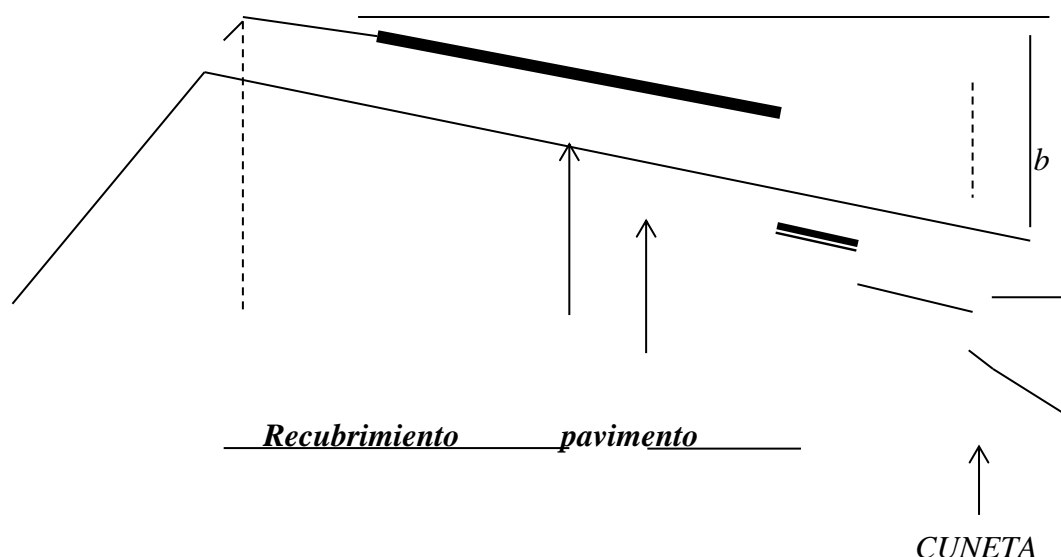
**Sección transversal en tangente**



**Sección transversal en curva**

SENTIDO DE LA CURVA





*Superficie de Rodadura*                      4.00 m

*Calzada*    4.00 m+bermas+Sobreanchos

## 2.2.12 Trazado de perfil longitudinal

### 2.2.12.1 Perfil longitudinal propuesto

La nivelación del eje se realizó en circuitos cerrados cada 500 m con un error permisible de cierre de:

$$EP = 0.05 k^{1/2}$$

Para cuyo control se ubicó B.M.s, cada 500.00 m. en lugares fijos.

### 2.2.12.2 Pendientes

De las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras se tomaron las pendientes máximas y mínimas, como valores límites para el trazado del perfil longitudinal:

Pendiente mínima	=	0.50%
Pendiente máxima	=	8.00%
Pendiente máxima excepcional	=	10.00%

## 2.2.13 Exploración de canteras

Para la ejecución de los trabajos de conformación de terraplén con Material Ligante. Esta cantera se encuentra a una distancia promedio de 12+600 Km de la localidad de Nuevo Trujillo al punto final del proyecto.

Para la ejecución de los trabajos de ESTUDIO DEFINITIVO de la base existente (Afirmado) se tiene la cantera de Puerto López. Esta cantera se encuentra a una distancia promedio de 15+660 comenzando del punto de inicio de la obra en dirección al Distrito de Buen Aires.

Para la ejecución de los trabajos de concreto, se puede obtener agregados para los diseños, se tiene la cantera del Rio Huallaga en el distrito de Buenos Aires en la cantera de Puerto López (15+660 Km. Del punto de inicio de la obra en el centro poblado de Nuevo Trujillo.

#### **2.2.14 Metodología de trabajo a realizar**

Para el estudio del ESTUDIO DEFINITIVO del Camino Vecinal en estudio, se emplearon los métodos de ingeniería conocidos para estos tipos de estudios, en dos fases de trabajo: **(1) Fase de campo y (2) Fase de gabinete.**

##### **2.2.14.1 Durante la fase de campo**

Se realizó: el levantamiento de información socioeconómica necesario, la evaluación e inventario de la vía actual; definición del trazo final; **Levantamiento topográfico** de la vía, consistentes en el trazo, nivelación, seccionamiento y colocación de hitos de concreto para Bench Mark; estudios de ubicación y evaluación de obras de arte a proyectarse; preparación de calicatas a lo largo de la vía para los estudios de mecánica de suelos; estudio de impacto ambiental.

##### **2.2.14.2 En la fase de gabinete**

Se procesa e interpreta los datos de campo obtenidos, se realiza los diferentes ensayos de mecánica de suelos, y se procesa mediante cartografía automatizada todos los planos topográficos y de obra que se adjuntan al estudio de ESTUDIO DEFINITIVO.

#### **2.2.15 Estudio de mecánica de suelos**

Para el Estudio de Mecánica de Suelos, se empleó el siguiente método:

En campo, las investigaciones se realizaron a través de la construcción de calicatas o pozos exploratorios a cielo abierto, cada 500 mts. de distancia, las mismas que fueron ejecutados manualmente con profundidades que fluctúan entre 0.00 y 1.20 metros. En estas calicatas se tomaron muestras inalteradas de acuerdo con los cambios estratigráficos existentes en el terreno, las mismas que fueron descritos e identificados mediante una tarjeta con indicación de ubicación, número de muestras y profundidad, colocándolas en bolsas de polietileno, para su traslado al laboratorio. Durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevó un

registro en el que se anotó el espesor de cada uno de las capas del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales.

En cada una de las calicatas ejecutadas, se realizó un muestreo sistemático del suelo, recolectándose las diferentes muestras para los análisis de laboratorio correspondiente.

En laboratorio, las muestras recolectadas se procesaron y se practicaron los diferentes estudios requeridos.

Los suelos que más predominan son el tipo (CL), es decir arcillas inorgánicas, arcillas limosas de plasticidad mediana a baja y de color marrón oscuro.

Todo lo descrito se presenta en el estudio de suelos que se presenta en los anexos.

#### **2.2.15.1 Ubicación de calicatas realizadas**

La ubicación de calicatas realizadas en la vía, se ubicaron cada 500 m de distancia. La construcción de calicatas del Tramo Nuevo Trujillo – El Mirador.

#### **2.2.15.2 Ensayos de laboratorio efectuados**

Los materiales obtenidos en cada uno de los sondajes, los mismos que están siendo justificados, mediante la determinación de sus respectivos ensayos; los que fueron sometidos a los siguientes ensayos y pruebas:

Ensayo de límite líquido: 24 ensayos, según el método (ASTM D - 423).

Ensayo de Límite Plástico: 24 ensayos, según el método (ASTM D - 424)

Análisis Granulométrico por tamizado: 36 ensayos, según el método (ASTM O - 131)

Contenido de Humedad Natural: 36 ensayos, según el método (ASTM D - 1557)

Ensayo de Proctor Modificado: 7 ensayos, según el método (ASTM D - 1557)

Ensayo de C.B.R. Valor Soportante Relativo: 10 ensayos, según el método (ASTM O - 1883)

Después de haber realizado los ensayos y pruebas de laboratorio se ha verificado con las muestras obtenidas en campo, efectuándose la compatibilización correspondiente en estrecha coordinación con las normas de especificaciones recomendadas:

Sistema de Clasificación de Suelos según la norma (ASTM D-2448).

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos según la norma (ASTM D-2448).



## **2.2.16 Diseño del pavimento**

### **2.2.16.1 Metodología de diseño de pavimentos utilizados**

En este estudio se toma en cuenta, al decidir el tipo de estructuración a usarse, un factor igualmente fundamental, sobre todo por su incidencia en el aspecto económico del nivel de importancia de la vía.

Por tratarse de una carretera de cuarto orden, con características de un camino vecinal de bajo volumen de tránsito el diseño de la estructura de pavimento tendrá en consideración el criterio sobre todo de servicio mínimo (transitabilidad).

El método empleado es el NASSRA, para el dimensionamiento de caminos afirmados, donde se contempla la utilización de una capa de material granular de cierta plasticidad que a la vez cumpla la función de capa de rodadura, permitiendo mantener un nivel de servicio adecuado cuando un volumen de tráfico proyectado es bajo, considerándose un periodo de diseño de 5 años.

La capa granular puede estar constituido por materiales que pueden tener calidad de sub-base o de base dependiendo de su capacidad de soporte o C.B.R.

Las curvas de diseño elaborado por el NASSRA, en donde se observa que los factores tomados en cuenta para determinar el espesor de la capa granular de rodadura son:

El Valor Soporte de California (C.B.R) del suelo de subrasante.

La intensidad del tráfico en números de ejes simples, equivalente al eje standard de 18,000 libras de carga, en un período de diseño (N18).

Un factor adicional considerado en el método propuesto es el concerniente a la calidad de los materiales a emplearse. Para ello se verifica el C.B.R. que debe tener la capa de pavimento en función del tráfico C.B.R. de la subrasante y espesor requerido.

## **2.2.17 Estudio hidráulico**

### **2.2.17.1 Drenaje de aguas superficiales**

#### **2.2.17.1.1 Generalidades**

El sistema de drenaje superficial se diseñará para dar salida en forma eficaz y económica a toda el agua que fluye por la superficie de la carretera, para interceptar y eliminar el agua de la superficie de zonas adyacentes.

### 2.2.17.1.2 Obras de drenaje

Las obras de drenaje se instalarán en cursos de aguas naturales y/o quebradas secas, la localización del eje de estas con respecto a la carretera se ha determinado por inspección de campo (se indica en los planos).

El diseño hidráulico tiene como objetivo proporcionar un sistema de drenaje adecuado y económico para el flujo que se estima pasará durante su vida útil de diseño, sin riesgos no razonables para la estructura de la carretera o propiedades aledañas.

Para el diseño hidráulico de éstas se ha procedido a calcular el caudal que discurre por las quebradas empleando el método directo de sección - pendiente, así mismo se ha tenido en cuenta la información proporcionada por los moradores del lugar en cuanto a los niveles alcanzados en épocas de alta pluviosidad.

El método empleado, ha consistido en correr la nivelación en una longitud no menor seis veces el ancho de la quebrada, se ha seccionado dicho tramo, se ha determinado las huellas de máximas avenidas y se ha fijado el valor del coeficiente de rugosidad para el tramo elegido.

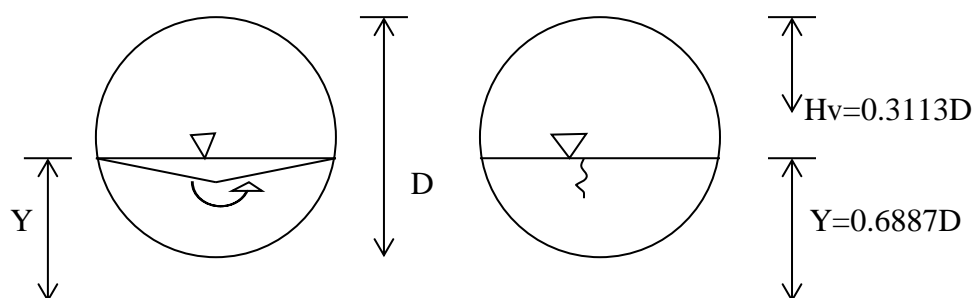
Luego se determina el caudal mediante el uso de la fórmula de Manning.

### 2.2.17.1.3 Diseño hidráulico de alcantarillas circulares

El diseño hidráulico de alcantarillas circulares se ha realizado por el método Directo o de aforo y utilizando el Manual de alcantarillas tipo ARMCO. El detalle del diseño está incorporado en el Anexo N° 2.

#### Área hidráulica

Se debe diseñar para que no trabajen a tubo lleno, evitando de este modo inundaciones de los terraplenes adyacentes, para determinar al área hidráulica calcularemos el caudal de escurrimiento por el Método directo o de aforo, para posteriormente por intermedio de la profundidad crítica (tirante crítico)  $Y_c = 0.6887 \cdot D$ ,  $H_c = 0.3113 \cdot D$  (del manual del ARMCO) en un conducto circular calcular la velocidad crítica y el diámetro  $D$ .



### Cálculo de diámetros.

El método empleado para el presente proyecto, es el usado en el Manual de Productos de Acero para Drenaje y Construcción Vial.

La carga que produce la velocidad crítica está dado por:

$$H_c = 0.3113 D$$

En donde:

D= Es el diámetro del tubo en metros.

La ecuación es válida, solo cuando la superficie del agua en la represa coincide con la parte superior del tubo y cuando tiene una pendiente tal que no se produce remanso debido a la fricción.

Se sabe que:

$$H_c = H_v = \frac{V^2}{2g}$$

$$V_c = \sqrt{2g H_c} \implies g = 9.81 \text{ m/seg.}^2$$

Reemplazando el valor de  $H_c$  en  $V_c$ , se tiene:

$$V_c = \sqrt{2 (9.81) (0.3113 D)}$$

$$V_c = 2.471 D^{1/2}$$

### Cálculo del área en la sección crítica. $A_c$

La profundidad de la sección crítica es:

$$Y_c = (1 - 0.3113) D$$

$Y_c = 0.6887 D$  se va a la tabla de propiedades hidráulicas de los conductos circulares

$$A_c = 0.5768 D^2$$

El perímetro mojado es:

$$P_m = 1.9578 D$$

### Cálculo del gasto crítico $Q_c$ .

Conocidos el área crítica y la velocidad crítica, se pueda calcular el caudal crítico, así:

$Q_c = A_c \times V_c$  reemplazando datos se tiene:

$D = (Q_c / 1.425)^{2/5}$
---------------------------

**Cálculo de la pendiente S.**

$$S = ((V_c \times n) / R^{2/3})^2$$

$R = A_c / P_m$  y se tiene el valor en función de D

$n = 0.021$  para tubos corrugados

Remplazando datos se tiene:

$$S = 0.01374 / D^{4/3} \text{ expresado en porcentaje}$$

$$S = 0.01374 / D^{4/3}$$

**2.2.17.1.4 Diseño hidráulico de obras de arte**

A lo largo de la vía se han encontrado cauces con flujos permanentes, se tienen indicios que en época de lluvia con períodos de retorno considerables, las zanjas existentes a lo largo del trazo se activan.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida procede de fuentes primarias o sea que han sido levantadas en campo más la que resulta de aplicación de Normas. Así tenemos:

#### 3.1 Características generales

##### 3.1.1 Características técnicas del camino vecinal mejorado

Longitud:	17.646 Km
Clasificación por su IMDA:	T1 (16 - 50)
Clasificación por su función:	Camino vecinal
Clasificación por el tipo de relieve:	Carretera en terreno semi plano.
Clasificación por el tipo de demanda:	Carretera de tercera clase
Clasificación por el tipo de obra por ejecutarse:	ESTUDIO DEFINITIVO, con la colocación de una capa de afirmado $e=0.25$ m, en un camino en donde la sub-rasante ha sido parcialmente mejorada. El efecto esperado es mejorar el nivel operativo del camino haciéndolo transitable todo el año.
Velocidad directriz:	30 Km/h
Radio mínimo:	25.00 m
Radio mínimo excepcional:	15.00 m
Ancho de plataforma:	5.00 m
Pendiente longitudinal máxima:	>10%, No exceder de 180 m.
Bombeo:	3.0%
Cunetas triangulares:	Sin revestir en tramos con pendiente longitudinal menor a 4 % (suelo adecuado)

#### 3.2 Trabajos de campo

##### Reconocimiento Superficial del Terreno.

En forma previa a la excavación de calicatas, se ha efectuado un recorrido de reconocimiento e identificación de las áreas de mayor importancia y criticidad estableciéndose los puntos en donde se efectuarán las calicatas.

Los trabajos señalados tienen la finalidad de conocer, en forma preliminar, los tipos de suelos que conforman la estratigrafía sub-yacente al área del proyecto, a través de la observación de las características y parámetros físicos y mecánicos del suelo superficial. Así mismo, este reconocimiento superficial del terreno contribuyó a una sectorización inicial, a

efectos de seleccionar la obtención de las muestras que se ensayaron para la obtención del CBR.

### **3.2.1 Exploraciones de campo**

Según el reconocimiento del terreno ejecutado, se han excavado calicatas debido a la topografía plana, cambios de suelos y otros, todas las excavaciones se realizaron a 1.50 m de profundidad.

### **3.2.2 Inspección In Situ**

Para la observación e inspección visual en el mismo terreno, con fines de una clasificación preliminar, se ha efectuado un perfilado preliminar en cada una de las calicatas excavadas, en las que se ha efectuado la inspección in situ, determinándose las principales características de cada estrato, de acuerdo a una apreciación visual.

De conformidad con la inspección efectuada y de acuerdo al registro de campo, de la clasificación visual-manual de los suelos observados y; de acuerdo a los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), basados en la norma ASTM D-2487; se efectuó una clasificación preliminar del subsuelo, dentro de la profundidad estudiada, reconociéndose los estratos, de acuerdo a sus principales características físicas, las mismas que han sido confirmadas y/o corregidas con los resultados de laboratorio.

Esta clasificación visual realizada durante la inspección in situ, ha permitido determinar los estratos y obtener muestras representativas de cada estrato, las mismas que fueron acondicionadas para su envío al laboratorio.

### **3.2.3 Obtención de muestras (calicatas)**

El programa de actividades para desarrollar el presente estudio, tiene como base los trabajos de campo; realizados para la obtención de muestras en los estratos identificados en la inspección in situ, observación de la estratigrafía y clasificación de los suelos representativos.

Estos trabajos han consistido en la excavación de un total de 36 calicatas a cielo abierto, de 1.50 m de profundidad, ubicadas estratégicamente en las zonas adyacentes a la franja de rehabilitación de la plataforma de rodadura; las mismas que han sido codificadas en forma secuencial mediante la letra “C” y un número correlativo, a fin de identificarlas durante todo

el proceso; así como la apreciación visual de la estratigrafía, consistencia natural y demás características del suelo subyacente; de acuerdo al siguiente tabla 37:

**Tabla 37**

*Número de calicatas*

<b><i>Tramo</i></b>	<b><i>Long. (Km.)</i></b>	<b><i>N° Calicatas</i></b>	<b><i>Calicatas / Sub tramo (Inicio - Fin)</i></b>	
Nuevo Trujillo – El Mirador	17+646	36	C-1 (km 0+000)	C-36 (km 17+646)

Estas calicatas han servido para el análisis y observación preliminar de los estratos superficiales, considerando que se han extraído muestras representativas, efectuándose un cuidadoso registro de las características predominantes de los suelos que conforman cada estrato observado, así como la clasificación visual de los materiales, de acuerdo a los procedimientos del Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS) y su correlación con el sistema AASHTO, características que han sido corroborados con los resultados de los ensayos procesados en el laboratorio.

Las muestras obtenidas han sido acondicionadas en forma adecuada para su transporte al laboratorio, a fin de efectuar los ensayos correspondientes a la granulometría, límites de Atterberg, Próctor Modificado y C.B.R.

El perfilaje efectuado se ha representado en un registro de excavación para la calicata, el mismo que permite observar los tipos de suelos que conforman cada uno de los estratos y cuyos gráficos se adjuntan en el presente informe; mostrando la composición del terreno natural. Del mismo modo, se han realizado pruebas de reconocimiento manual para predefinir la consistencia del material de cada estrato, lo que complementa la observación visual en la calicata excavada.

### **3.2.4 Trabajos de laboratorio**

#### **3.2.4.1 Ensayos estándar**

Con las muestras obtenidas, en la excavación realizada, se ha verificado la clasificación visual y efectuándose en el laboratorio los siguientes ensayos:

Contenido de Humedad Natural.

Análisis Granulométrico por Tamizado.

Límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico)

Clasificación Unificada de Suelos.

#### **3.2.4.2 Ensayos especiales:**

Relación Humedad Densidad (Proctor Modificado).

Capacidad de soporte del suelo.

Los ensayos señalados fueron realizados en concordancia con las normas NTP y ASTM, en cada una de las muestras alteradas e inalteradas.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones derivadas del presente informe, se incluyen en los acápites correspondientes; así como los cuadros, gráficos y perfiles adjuntos.

#### **3.2.5. Superficie de rodadura**

La superficie de rodadura se encuentra en regular estado, apreciándose que el afirmado existente se encuentra en malas condiciones y expuesto a los daños de la escorrentía superficial producto de las precipitaciones; ya que no cuenta con drenajes adecuados y la mayoría de las alcantarillas se encuentran colmatadas.

Estas condiciones han sido provocadas por las precipitaciones intensas cíclicas que se dan en la zona de selva, que ocasionan que los componentes finos de la capa de afirmado se “laven” dejando expuestos los elementos granulares que son disgregados por el paso de los vehículos.

##### **3.2.5.1 Sub rasante.**

Como sabemos, se denomina subrasante a las capas que se encuentran debajo de la estructura del pavimento, en el presente caso, considerando que en la mayor parte del camino estudiado el afirmado se encuentra en mal estado o no existe, se determina que la actual superficie de rodadura puede ser considerada como superficie de la sub-rasante, debiéndose efectuar labores de perfilado y/o “raspado” de la actual superficie.

En todo caso, para efectos de evaluación y diseño, se ha considerado como sub-rasante a los estratos que componen el suelo natural y que se encuentran debajo del nivel de perfilado proyectado. En todos los casos, las profundidades estudiadas son mayores a 1.50 m por debajo del nivel de corte o explanación proyectada, no habiéndose detectado nivel freático en ninguna de las calicatas excavadas.



De las exploraciones de campo, así como de los resultados obtenidos en el laboratorio, se concluye que el tramo en estudio se encuentra sobre suelos subyacentes naturales, de composición variable, que va del tipo SM al tipo CL; observándose una predominancia de los suelos: arenas limosas, mezclas de arena y limo (SM).

Muestra N° (m) De-A		Progresiva (Km.)	Límite de Consistencia %			Clasificación de Suelos	
			Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO
						ASTM-D-4318	ASTM-D- D-2487
C-1	0.40-1.50	0+000	23.39	13.52	9.87	SC	A-2-4(0)
C-2	0.30-1.50	0+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-3	0.20-1.50	1+000	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-4	0.10-1.50	1+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-5	0.20-1.50	2+000	32.90	18.40	14.50	CL	A-6(10)
C-6	0.30-1.50	2+500	41.43	22.11	19.32	CL	A-7-6(11)
C-7	0.30-1.50	3+000	42.19	23.62	18.57	CL	A-7-6 (12)
C-8	0.20-1.50	3+500	44.98	26.00	18.98	CL	A-7-6(13)
C-9	0.30-1.50	4+000	31.42	19.30	12.12	CL	A-6 (6)
C-10	0.30-1.50	4+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-11	0.20-1.50	5+000	48.09	27.35	20.74	CL	A-7-6 (14)
C-12	0.30-1.50	5+500	25.99	18.57	7.42	SC	A-2-4(0)
C-13	0.30-1.50	6+000	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-14	0.10-1.50	6+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-15	0.20-1.50	7+000	32.78	19.41	13.37	CL	A-6(9)
C-16	0.30-1.50	7+500	35.27	19.48	15.79	CL	A-6(9)
C-17	0.30-1.50	8+000	32.73	20.12	12.61	CL	A-6(7)
C-18	0.20-1.50	8+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-19	0.30-1.50	9+000	25.11	17.30	7.81	SC	A-2-4(0)
C-20	0.20-1.50	9+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-21	0.30-1.50	10+000	41.58	21.73	21.73	CL	A-7-6(12)
C-22	0.20-1.50	10+500	0.00	0.00	0.00	SM	A-2-4(0)
C-23	0.20-1.50	11+000	26.45	16.25	10.20	SC	A-6(1)
C-24	0.30-1.50	11+500	32.69	18.21	14.48	CL	A-6 (10)
C-25	0.20-1.50	12+000	26.49	16.21	10.28	SC	A-6(1)
C-26	0.20-1.50	12+500	44.14	25.62	18.52	CL	A-7-6(12)
C-27	0.30-1.50	13+000	41.93	23.27	18.66	CL	A-7-6(12)
C-28	0.30-1.50	13+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-29	0.20-1.50	14+000	32.82	19.46	13.36	CL	A-6(8)
C-30	0.20-1.50	14+500	28.25	18.90	9.35	SC	A-4 (0)
C-31	0.30-1.50	15+000	23.13	12.17	10.96	SC	A-6(1)
C-32	0.30-1.50	15+500	34.70	21.28	13.42	CL	A-6 (8)
C-33	0.20-1.50	16+000	36.30	23.44	12.86	CL	A-6(8)
C-34	0.20-1.50	16+500	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)
C-35	0.30-1.50	17+000	40.69	22.10	18.50	CL	A-7-6(12)
C-36	0.30-1.50	17+646	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)

Del cuadro observado, se puede concluir que la sub-rasante en el presente camino, está conformado mayormente por arenas limosas, mezclas de arena y limo (SM), arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres (CL) y arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla (SC).

De acuerdo al IP podemos mencionar que en las calicatas N° 05, 06, 07, 08, 09, 15, 16, 17, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33 y 35 presenta suelos arcillosos ( $20 > IP > 10$ ), asimismo en las calicatas N° 01, 12, 19 y 30 presenta suelos poco arcillosos ( $10 > IP > 4$ ) y en las calicatas N° 2, 3, 4, 10, 13, 14, 18, 20, 22, 28, 34 y 36 suelos exentos de arcilla ( $IP = 0$ ).

De los resultados anteriores se concluye que la zona de estudio está representada por sedimentos coluviales, aluviales, arenas limosas de baja a nula expansibilidad, por lo cual son considerados de regular calidad y arcillas de baja, mediana y alta plasticidad.

Los resultados del CBR valor de soporte es de 7.70 % como mínimo y el promedio de CBR es de 9.8 % por lo que la subrasante se ubica en la categoría de regular.

### **3.3 Diseño de pavimento a nivel de afirmado:**

#### **3.3.1 Generalidades**

Una carretera destinada al tránsito moderno no puede considerarse terminada si es que no se ha dotado de un pavimento que responda a sus exigencias. Es en este aspecto donde el ingeniero debe tener un especial cuidado, ya que un cuidadoso estudio y la selección del pavimento apropiado influirán enormemente en el acabado y conservación de la obra así como en el costo que demanda su construcción.

Es en los pavimentos para carreteras donde más se debe tener en cuenta el aspecto económico, debido a las grandes superficies que hay que cubrir y en donde lógicamente una pequeña diferencia en el precio por metro cuadrado tiene gran incidencia en el costo del conjunto.

En el diseño y cálculo de pavimentos deben tenerse en cuenta los efectos originados por las cargas de los ejes de los vehículos de transporte que son cada vez más pesados y más rápidos.

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en el camino de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas, asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada según tamaño para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa; y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Hay dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: su uso como superficie de rodadura en caminos no pavimentados o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

Como superficie de rodadura, un afirmado sin suficientes finos, está expuesto a perderse, porque es inestable. En construcción de caminos se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos, que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras, que en el caso de la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas y de materiales finos en general. La razón de ello es que la capa inferior debe tener buena resistencia para soportar las cargas del tránsito y además debe tener la cualidad de ser drenante.

### **3.3.2 Manipuleo y colocación del material de afirmado**

En relación a la obtención y manipuleo de los materiales en las canteras o fuentes de materiales es muy importante, que antes de comenzar a procesar el material, se retire la capa de tierra vegetal y la vegetación de la superficie, pues ésta contiene materia orgánica que no es buena para la superficie del camino.

Generalmente toda cantera o fuente de material tiene variaciones en las capas de revestimiento granular a explotar, pues se presentan capas aparentemente muy uniformes pero cambian repentinamente con bolsones de un material diferente y esto afecta la gradación total de la grava, por eso es importante el conocimiento e investigación de las fuentes de materiales para conseguir una correcta explotación y una buena mezcla desde el comienzo del proceso.

Otro de los problemas es la segregación del material durante el proceso, cuando ocurre esto, las partículas de gran tamaño tienden a juntarse hasta conseguir aislarse, en vez de mezclarse con el resto del material. Esta situación provocará la inconsistencia del material así como

dificultad en su compactación. Las zonas superficiales que contienen una cantidad inusual de partículas gruesas presentarán una condición suelta e inestable, mientras que otras zonas presentarán exceso de finos, que provocarán ahuellamientos profundos durante el periodo de lluvias.

El comportamiento de la capa de afirmado dependerá en gran parte de su ejecución, especialmente de la compactación que se le haya dado. La compactación reducirá los vacíos y aumentará el número de puntos de contacto entre partículas y el correspondiente rozamiento. La capa de afirmado debe ser compactada por lo menos, al 100% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T180.

No obstante, es necesario indicar que el comportamiento de una superficie de afirmado no tendrá en ningún caso un comportamiento similar a las superficies pavimentadas. Siempre habrá algunas pérdidas de agregados en virtualmente todos los caminos de afirmado, por lo que se debe evaluar la necesidad de colocar capas de protección o estabilizaciones, según lo permitan los presupuestos de construcción y/o mantenimiento y la disponibilidad de materiales en la zona.

### **3.3.3 Fuente de materiales – canteras**

Se deberá efectuar un estudio de canteras – fuentes de materiales para rellenos, capa de afirmado y para obras de concreto hidráulico. Para el caso de canteras que cuenten con estudios previos, se efectuarán solamente ensayos que confirmen la calidad y potencia de las mismas.

Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio. Se realizarán exploraciones (mínimo 06 prospecciones por cada área menor o igual a una hectárea) por medio de sondeos, calicatas y/o trincheras. Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, mínimo 06 pruebas por tipo de ensayo, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmados, concreto, etc).

La exploración de las canteras o fuentes de materiales debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto.

Estos trabajos se efectuarán a criterio, experiencia y responsabilidad del Proyectista, los resultados y conclusiones que presente deben ser los representativos y con una confiabilidad

aceptada, de tal manera que los materiales procedentes de las canteras seleccionadas por el Proyectista cumplan estrictamente las Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras (EG-2013).

La cantera seleccionada para este proyecto, en cuanto a ESTUDIO DEFINITIVO de la base existente es la denominada Cerro San Cristóbal. Para lo cual se analizó el costo en función al precio establecido por el propietario y esta forma parte de los precios establecidos en el presupuesto general de ejecución del proyecto.

### **3.4 Estudio del tráfico**

El servicio que va a generar el presente proyecto es permitir una adecuada circulación vehicular tanto de transporte de pasajeros como de carga desde los centros de producción hacia el mercado local más cercano que es la ciudad de Tarapoto.

El presente estudio tiene como objetivo determinar los volúmenes de tránsito en esta carretera vecinal; en tal sentido es importante conocer los principales parámetros que determinen los índices del tráfico real, para poder tomar criterios técnicos en la jurisdicción del proyecto.

#### **3.4.1 Proyección del tráfico normal**

La proyección del tránsito de los vehículos del área de influencia de la carretera vecinal en estudio corresponde para un horizonte de planeamiento de 10 años, establecido para este tipo de proyectos y expresado en términos de Índice Medio Diario (IMD).

La proyección se ha realizado tomando como referencia el tráfico base de los vehículos de pasajeros (vehículos ligeros), considerando la tasa promedio de crecimiento de la población de la región, que es de 2.6 % promedio anual para el horizonte de planeamiento del proyecto, al que se le incrementará en un 15 % debido a los trabajos de ESTUDIO DEFINITIVO del camino vecinal. Por lo tanto, la tasa de crecimiento adoptada para vehículos ligeros es de 2.60 %. Para los vehículos pesados se ha estimado en función al comportamiento de la actividad económica predominante en el área de influencia, la tasa de crecimiento asumida de manera conservadora es de 3.6 %.

#### **Tasa de crecimiento**

Vehículos ligeros	2.60%
Vehículos pesados	3.60%

En la proyección del tráfico generado, se ha estimado que la ejecución del proyecto dará un impacto a la actividad económica de relativo orden de importancia, que impulsará a la población a incrementar sus áreas de cultivos disponibles, que le permitirá tener un excedente exportable mayor a la situación actual, pero que no amerita un análisis del método del excedente del productor. Por lo que se considera un 30 % del tráfico normal.

Para la presente evaluación el tráfico normal se considera el tránsito de vehículos en relación a otras vías del mismo tipo en la zona, cuyo tránsito mayor ocurre en épocas de cosecha, para lo cual se proyecta de acuerdo a la tabla siguiente:

**Tabla 38**

*Proyección del Tráfico Generado (Vehículo/Día)*

<b>Tipo de Vehículo</b>		<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
Automóvil	2.60 %	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18
Camioneta	2.60 %	19	19	19	20	21	21	22	22	23	23	24
Combi Rural	2.60 %	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
Micro	2.60 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	2.60 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	3.60 %	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9
Camión 3E	3.60 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>57</b>

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto podemos concluir que el tráfico demandado con proyecto está dado por el tráfico proyectado con tráfico normal más el tráfico que se generará como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 39**

*Demanda proyectada.*

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>Tráfico Normal</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>57</b>
Automóvil	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18
Camioneta	19	19	19	20	21	21	22	22	23	23	24
C.R.	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9

Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tráfico Generado</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Automóvil	0	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Camioneta	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
C.R.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>IMD TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>66</b>

Fuente: Elaboración Propia

\* Se estima el tráfico generado en un proyecto de ESTUDIO DEFINITIVO = 15 % del tráfico normal

### 3.4.2 Análisis de tráfico

En el diseño de un pavimento moderno es de primera importancia evaluar las cantidades y los pesos de las cargas por eje supuestos a aplicarse al pavimento durante un período de tiempo dado. Las investigaciones nos muestran que el efecto sobre el comportamiento del pavimento, de una carga por eje de mayor masa, puede representarse por una cantidad equivalente a 8.2 T de aplicación de carga por eje simple.

El procedimiento de análisis de tráfico es importante y puede variar de acuerdo a la metodología empleada, sin embargo los resultados deben ser compatibles de acuerdo con la cantidad de vehículos de diferente tipo que transitarán por la vía, que para el presente caso se prevé sean autos, camionetas, microbuses tipo combi y camiones.

Para analizar el tráfico del tramo en estudio, debemos empezar evaluando el tráfico presente, para luego determinar el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn y posteriormente y junto al CBR de diseño, determinar el espesor del afirmado. Para nuestro estudio, de la tabla 39, determinamos que el vehículo pesado de diseño está representado por un camión de dos ejes y su IMD de diseño es 10.

Calculamos los parámetros para la aplicación de la fórmula siguiente:

$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365]$ , y la fórmula

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{p_i} \times F_d \times F_c \times F_{vp_i} \times F_{p_i}$$

Desarrollamos y determinamos los valores correspondientes:

El IMD para el vehículo pesado de diseño es 10.

El Factor Direccional (Fd) según el análisis y la tabla 31 es 0.5.

El Factor Carril de Diseño (Fc) según el análisis y la tabla 31 es 1.

El Factor de Vehículo Pesado (Fvp), aplicando la ecuación de la figura 6, para un eje simple de ruedas simples y para un peso de eje igual a 7 tn, y para un eje simple de ruedas dobles para un peso de eje igual a 10 tn, tenemos, el valor de 3.477.

El Factor de presión de neumáticos es igual a 1.

Por lo tanto tendríamos;

$$EE_{\text{día-carril}} = 10.00 \times 0.50 \times 1.00 \times 3.477 \times 1.00$$

$$EE_{\text{día-carril}} = 17.385$$

Luego tendríamos para el Nrep de EE 8.2tn;

$$EE_{\text{día-carril}} = 17.385$$

El Factor de crecimiento acumulado (Fca), para un periodo de análisis igual a 10 años y para una tasa anual de crecimiento igual a 4, interpolando en la tabla N° 32, el valor es de 12.01.

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = [17.385 \times 12.01 \times 365]$$

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = \mathbf{76,209.755 \text{ tn}}$$

Estamos frente a tipo de tráfico  $T_{NP3}$ .

### 3.5 Diseño de pavimento

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities – hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE.

#### 3.5.1 Método NAASRA

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2] * \log_{10}(Nrep/120)$$



Donde:

e	=	espesor de la capa de afirmado en mm.
CBR	=	valor del CBR de la subrasante.
Nrep	=	número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

### 3.5.2 Determinación del CBR de diseño

Para tal efecto, se ha empleado la metodología recomendada por el MTC para diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, en el cual menciona que dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo), se efectuará un mínimo de 6 ensayos de CBR por sector homogéneo del suelo, con el fin de aplicar un criterio estadístico para la selección de un valor único de soporte del suelo. En caso de que en un determinado sector se presente una gran heterogeneidad en los suelos de sub-rasante, que no permite definir uno como predominante, el diseño se basará en el suelo más débil que se encuentre. De acuerdo a los ensayos los resultados de CBR presentan heterogeneidad, por lo tanto se considera como CBR de diseño a **9.80 %** por ser el promedio y los resultados de los análisis se presentan en el siguiente:

<i>Progresiva (Km.)</i>	<i>CBR Al 95 % MDS</i>	<i>CBR ordenados de mayor a menor</i>	<i>CBR de diseño %</i>
2+000	7.70	18.10	9.8
3+000	6.60	14.30	
4+000	8.30	8.30	
5+000	5.90	7.70	
6+500	18.10	6.60	
11+000	14.30	5.90	
16+000	7.70		

### 3.5.3 Determinación del espesor del pavimento

Para la determinación del espesor del pavimento usamos la ecuación del método de NAASRA, por lo cual de acuerdo al CBR de diseño y al Nrep de EE de 8.2 tn, tenemos:

$$\text{CBR} = 9.8 \%$$

Nrep de EE<sub>8.2tn</sub> = **76,209.755 tn**

Reemplazando en la ecuación del método de NAASRA;

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 9.8) + 58 * (\log_{10} 9.8)^2] * \log_{10}(76,209.755/120)$$

e = 187.335 mm. , redondeando tenemos que el espesor del afirmado debe ser:

$$e = \mathbf{200.00 \text{ mm} = 20 \text{ cm}}$$

### 3.6 Diseño de alcantarillas

#### Descripción de obras de arte e infraestructura proyectadas

<i>N°</i>	<i>Ubicación (Progresiva)</i>	<i>Tipo</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Causas del Problema</i>
01	Km. 0+120.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	6.70	Pase vehicular en calle
02	Km. 0+320.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	9.70	Inexistente estructura de alivio
03	Km. 0+395.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.70	Deficiente estructura de alivio
04	Km. 1+090.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	9.00	Deficiente estructura de alivio
05	Km. 1+220.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.50	Inexistente estructura de alivio
06	Km. 1+939.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.70	Deficiente estructura de alivio
07	Km. 2+155.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Deficiente estructura de alivio
08	Km. 2+246.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Inexistente estructura de alivio
09	Km. 2+508.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Deficiente estructura de alivio
10	Km. 2+760.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Deficiente estructura de alivio
11	Km. 3+017.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.40	Deficiente estructura de alivio

12	Km. 3+220.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.80	Inexistente estructura de alivio
13	Km. 3+410.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 48"	8.40	Deficiente estructura de alivio
14	Km. 3+672.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.40	Deficiente estructura de alivio
15	Km. 4+078.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.70	Deficiente estructura de alivio
16	Km. 5+150.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 48"	7.80	Deficiente estructura de alivio
17	Km. 6+460.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.70	Deficiente estructura de alivio
18	Km. 6+640.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60"	8.40	Deficiente estructura de alivio
19	Km. 7+004.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60"	8.00	Deficiente estructura de alivio
20	Km. 7+130.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.10	Deficiente estructura de alivio
21	Km. 7+450.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.20	Deficiente estructura de alivio
22	Km. 8+220.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 48"	7.60	Deficiente estructura de alivio
23	Km. 8+316.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60" de dos ojos	8.60	Deficiente estructura de alivio
24	Km. 9+379.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.60	Deficiente estructura de alivio
25	Km. 9+560.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60"	8.60	Deficiente estructura de alivio
26	Km. 9+760.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.80	Deficiente estructura de alivio
27	Km. 9+830.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.60	Deficiente estructura de alivio
28	Km. 10+090.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.70	Deficiente estructura de alivio
29	Km. 10+207.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.50	Deficiente estructura de alivio
30	Km. 10+540.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60"	8.50	Deficiente estructura de alivio

31	Km. 10+860.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60" de dos ojos	8.30	Deficiente estructura de alivio
32	Km. 11+127.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	6.90	Deficiente estructura de alivio
33	Km. 11+542.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	6.90	Deficiente estructura de alivio
34	Km. 11+584.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.80	Deficiente estructura de alivio
35	Km. 11+961.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.80	Deficiente estructura de alivio
36	Km. 12+113.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 60" de dos ojos	8.20	Deficiente estructura de alivio
37	Km. 12+465.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Deficiente estructura de alivio
38	Km. 12+741.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	12.30	Deficiente estructura de alivio
39	Km. 13+027.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.30	Deficiente estructura de alivio
40	Km. 13+350.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.80	Deficiente estructura de alivio
41	Km. 13+857.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	7.80	Deficiente estructura de alivio
42	Km. 15+853.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Deficiente estructura de alivio
43	Km. 16+043.00	Alcantarilla Tubería de Polietileno HDPE de Alta Densidad 36"	8.20	Deficiente estructura de alivio

### 3.7 Estudio socio - económico

A través de los resultados de la encuesta realizada, a los pobladores de la localidad de Nuevo Trujillo – El Mirador, se pudo apreciar que viven en estado de extrema pobreza. Poseen una educación básica como lo es la primaria, y muy pocos son los que salen a la ciudad a seguir estudios en niveles superior.

Por lo mencionado anteriormente, se define la ocupación de los pobladores de la zona en estudio, la cual está dado en su mayoría por agricultores y la dedicación a los quehaceres del hogar. Siendo la actividad principal la producción agropecuaria. Los principales productos agropecuarios son: Agrícolas: arroz, café, plátano, maíz; Pecuarias; Vacunos, caprinos, equinos y animales menores. La mayoría produce sólo para el autoconsumo; el intercambio

de sus productos mediante el trueque y un mínimo volumen de comercialización debido a la carencia de una carretera transitable que les facilite evacuar a bajo costo su producción hacia los mercados de consumo, situación que será superada al ejecutarse el presente proyecto.

### **3.8 Estudio de impacto ambiental**

El objetivo básico del estudio impacto ambiental es el control de los impactos ambientales negativos durante el ESTUDIO DEFINITIVO, operación y mantenimiento del Camino vecinal, se debe desarrollar las medidas de control de impactos ambientales negativos, los de contingencia, seguimiento y monitoreo.

### **3.9 Contrastación de hipótesis**

El hecho de haber planteado una solución sobre el camino existente nos lleva a la conclusión de ser la única alternativa debidamente estudiada, la cual cumple con todas las especificaciones técnicas para ser viable. En consecuencia, su ejecución facilitará contar con un camino en condiciones de transitabilidad, lo cual mejorará las condiciones de vida de los usuarios. Por tanto, **la hipótesis queda validada**, por cuanto el estudio definitivo del Camino Vecinal referido, permitirá contar con el expediente técnico para tramitar su financiamiento y, que al ser ejecutado permitirá tener un camino en condiciones de transitabilidad y en consecuencia mejorará las condiciones socio - económicas de la población beneficiaria aledaña al proyecto.

## CONCLUSIONES

El diseño del camino vecinal cumple con todas las especificaciones técnicas mínimas requeridas para los estudios de carreteras que están vigentes en nuestro país.

En forma general, el estudio de suelos de la zona por la cual pasa el Camino Vecinal Caserío Nuevo Trujillo al Caserío El Mirador, permitió tomar las medidas más adecuadas en la determinación de las características del pavimento.

Se ha probado que con la elaboración del Estudio Definitivo a nivel de Afirmado del Camino Vecinal Caserío Nuevo Trujillo al Caserío El Mirador, ha permitido contar con el Expediente Técnico que conllevará a buscar financiamiento para su ejecución que permitirá mejorar las condiciones socio - económicas de las poblaciones asentadas en el tramo del proyecto.

El cálculo del CBR en laboratorio nos permitió poder diseñar el espesor del afirmado, ya que todos los diseños de pavimentos granulares están basados en este valor. Un mal estudio de laboratorio incidirá indefectiblemente en un diseño antieconómico.

La producción de los centros poblados beneficiados crecerá con el **Estudio Definitivo** del Camino Vecinal, teniendo acceso a técnicas agroindustriales que beneficiaran a la zona estudiada.

Con la ejecución del **Estudio Definitivo** del Camino Vecinal Caserío Nuevo Trujillo al Caserío El Mirador L= 17.664 Km., se elevará el nivel de vida de la población ya que se incrementará la producción y habrá acceso a los servicios básicos primarios como salud, educación, seguridad, etc.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los trabajos de **Estudio Definitivo** del Camino Vecinal en épocas de verano (Mayo - Septiembre) de lo contrario no se cumplirá con la programación establecida.

Es recomendable que antes de colocar el material de afirmado, o capa granular sobre la subrasante, debe tener especial cuidado en eliminar todo tipo de material extraño que resulta perjudiciales para la construcción, tales como raíces, palos, troncos o material orgánico en descomposición.

Apoyar a los egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, a que desarrollen trabajos de investigación relacionados con nuestra profesión y de esa manera obtener parámetros de diseño adecuados a la zona de selva.

Se recomienda a las autoridades de la Provincia de Picota y de la Región San Martín ser el ente de financiamiento para la ejecución de este tipo de proyectos, a fin de solucionar los graves problemas y limitaciones que afrontan los pobladores por la falta de vías en buen estado de transitabilidad, ya que los proyectos de caminos vecinales están enmarcado dentro de su política de desarrollo.

Al realizar la conformación de la subrasante, ésta debe compactarse al 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado, previa a la colocación de la capa de afirmado.

El grado de compactación de la capa de afirmado deberá ser del 100% de su máxima densidad seca del Proctor modificado en cumplimiento con la Norma ASTM D-1556.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSAVALENTE, NM (2005). *Asfaltado Jr. Alfonso Ugarte: presupuesto y Programación, Tramo I Km 0+000 - Km 1+122.683. Informe de Ingeniería*, Universidad Nacional de San Martín.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Censo Poblacional*. Lima, 2007.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2014*. Lima, 2014.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, 2014.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG - 2013*. Lima, 2013.
- PONCE, JM (2011). *Estudio Definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Km 0+000 - Km 2+920*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.
- RIOS, C (2000). *Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.
- RODRÍGUEZ, W (2002). *Aprendiendo a Programar y Controlar obras aplicando el Project 2000 para Windows*, Segunda Edición, Año 2002, Lima - Perú.
- VALLES, R (1954). *Carretera, Calles y Aeropistas*, Editorial Imprenta López - Perú 666, segunda edición, Caracas - Venezuela, 1954.



## **ANEXOS**